

Evaluación físico-química de la fibra de linaza (*Linum usitatissimum* L.) y su efecto sobre la respuesta glicémica e insulínica de una bebida en adultos sanos

Physical-chemical evaluation flax fiber (*Linum usitatissimum* L.) and its effect on the glycemic and insulin response of a drink in healthy adults

L. Angarita^{1,2}, J. López³, K. Parra², D. Aparicio², V. Céspedes²,
M. Uzcátegui², A. Higuera³ y N. Reyna^{1,2}

¹Laboratorio de Tecnología de Alimentos, Facultad de Medicina, Universidad del Zulia (LUZ). ²Centro de Investigaciones Endocrino-Metabólicas “Dr. Félix Gómez”, Facultad de Medicina, LUZ. ³Departamento de Agronomía, Facultad de Agronomía, LUZ. ³Departamento de Medicina, Universidad de Córdoba-España.

Núcleo de Salud, Apdo. 15165, Maracaibo, Zulia, Venezuela. Teléfono: (+58261) 4127201

Resumen

Los compuestos bio-activos de la linaza, además del efecto hipoglicemiante de la fibra soluble, podrían ser útiles en la formulación de productos específicos para diabéticos. En el presente estudio se comparó la composición química de la semilla molida y entera en una variedad canadiense de *Linum usitatissimum* L. y se determinó el efecto de la fibra de la linaza molida, sobre la respuesta glicémica e insulínica en una bebida con selección de carbohidratos en adultos sanos, contribuyendo así al diseño de productos alimenticios para el control de la diabetes mellitus. Como variables se midió: contenido de humedad, proteínas, grasa, cenizas, fibra dietaria total (soluble e insoluble), además del ácido cianhídrico (HCN) equivalente. Se evaluaron dos concentraciones de fibra distintas en la bebida; la original (BP): 0,76 g.100 mL⁻¹ y la modificada (BPL) al agregarle linaza molida (3,38 g.100 mL⁻¹). Se observaron diferencias para todas las variables químicas entre ambas muestras de linaza, excepto cenizas. La cantidad de HCN medida en la linaza molida fue reducida con el proceso de tostado y no resultó insegura para consumo humano. El índice glicémico resultó más bajo para la BPL (56,40±6) que para la BP (58,07±8); y al compararlo con el pan blanco (68,75±1), se encon-

traron diferencias significativas ($P < 0,002$). La carga glicémica resultó intermedia para ambas bebidas, sin incremento significativo en la insulina; sugiriendo que la adición de fibra de linaza podría producir una velocidad de absorción intestinal más lenta de la glucosa.

Palabras clave: bebida, respuesta glicémica, linaza, fibra.

Abstract

There is a great interest of the industry on food components physiologically active in flaxseed, besides the hypoglycemic effect of soluble fiber, which could be useful in developing specific polymer drinks for diabetics. In order to compare the chemical composition on whole and ground seeds of a Canadian variety of *Linum usitatissimum* L. and also to determine the effect of ground flax fiber on the glycemic and insulin response in a carbohydrate selected drink in healthy adults as an alternative to design foodstuffs in controlling diabetes mellitus. Moisture, protein, fat, ash, total dietary fiber (soluble and insoluble) were determined, plus hydrocyanic acid HCN equivalent. Two different fiber concentrations in commercial beverage to study their glycemic response were used; the original (BP): fiber $0.77 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ and the modified (BPL) to add ground flaxseed ($3.33 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$). Significant differences in all chemical variables on both seed samples except ashes were observed. The amount of HCN found in the ground sample was not unsafe for human consumption and was significantly reduced by the roasting process. The glycemic index was intermediate and lower for BPL (56.40 ± 6) than for BP (58.07 ± 8); glycemic load was intermediate, with no significant increase in the insulin. This suggests a possible decrease in the rate of absorption of glucose in the blood with addition of fiber flaxseed.

Key words: drink, glycemic response, flaxseed, fiber.

Introducción

La semilla derivada del cultivo de linaza (*Linum usitatissimum* L.), familia Linaceae es empleada como oleaginosa con nutrientes beneficiosos que hacen distinguirla del girasol y de la canola. Su cultivo se ha expandido en 50 países, principalmente en Canadá, China, Estados Unidos y en la India, según Morris y Vaisey-Genser (2003). A pesar de que antiguamente, su producción se había orientado hacia la elaboración de aceite de uso industrial, actualmente existe un cre-

Introduction

The seed derived from the flaxseed (*Linum usitatissimum* L.), Linaceae family is used as an oil plant with beneficial nutrients that distinguishes it from sunflower and canola. Its crops have expanded into fifty countries, mainly Canada, China, United States and India, according to Morris and Vaisey-Genser (2003). In ancient times its production was oriented towards the elaboration of oil with industrial purpose; however, nowadays there is a growing interests

ciente interés por el consumo de la semilla como alimento funcional (Frankel y German, 2006; Hall *et al.*, 2006); dada la cantidad de fibra dietética, ácidos grasos poliinsaturados (ácido alfa-linolénico, ALA), lignanos, y compuestos fenólicos que posee, con un posible efecto anti-carcinogénico y anti-hipercolesterolémico, tal como indican Babu y Wiesenfeld (2003).

Según Daun *et al.* (2003) y Hall *et al.* (2006), la semilla de linaza está compuesta por 40% de lípidos, 6% de carbohidratos, 30% de fibra dietética y 22% de proteína de alta calidad, cuyo perfil aminoacídico es similar al de la soya. Su composición depende de factores como la variedad, la zona de producción, la época en que se cultiva, entre otros (Babu y Wiesenfeld, 2003). La fibra dietética (soluble: insoluble), osciló entre 20:80 a 40:60 (Daun *et al.*, 2003) con mucílagos y gomas del 7 a 10% (Warrand *et al.*, 2005).

La fracción de fibra soluble y otros componentes de la linaza además de estimular las evacuaciones y prevenir el cáncer del colon, podría afectar potencialmente la secreción de insulina y su mecanismo de acción en el mantenimiento de la homeostasis de la glucosa en plasma (Warrand *et al.*, 2005; Goh *et al.*, 2006; Ganorkar y Jain, 2013). Debido a los potenciales beneficios de esta fibra dietética, la industria alimentaria ha desarrollado productos alimenticios con la incorporación de linaza (Lipilina *et al.*, 2009; Jhala y Hall, 2010; Hussain *et al.*, 2012). A este respecto, Atkinson *et al.* (2008) presentaron una tabla internacional de valores de índice glicémico (IG) y carga glicémica (CG), mediante la cual han clasificado los productos

for the consumption of the seed as functional food (Frankel and German, 2006; Hall *et al.*, 2006); due to the quantity of dietetic fiber, polyunsaturated fatty acids (alpha-linolenic acid, ALA), lignans and phenolic compounds with a possible anti-carcinogenic effect and anti-hypercholesterolemia as indicated by Babu and Wiesenfeld (2003).

According to Daun *et al.* (2003) and Hall *et al.* (2006), flaxseed is composed by 40% of lipids, 6% of carbohydrates, 30% of dietetic fiber and 22% of protein with high quality, which amino-acidic profile is similar to soy. Its composition depends on factors such as the variety, the area of production, the season it is cropped, among others (Babu and Wiesenfeld, 2003). The dietetic fiber (soluble: insoluble), oscillates from 20:80 to 40:60 (Daun *et al.*, 2003) with mucilages and gel from 7 to 10% (Warrand *et al.*, 2005).

The fraction of the soluble fiber and other flax components stimulates the stools and prevents colon cancer; additionally, it might potentially affect the insulin secretion and the action mechanisms in the maintaining of the homeostasis of glucose in plasma (Warrand *et al.*, 2005; Goh *et al.*, 2006; Ganorkar and Jain, 2013). Due to the potential benefits of this dietetic fiber, the food industry has developed food products incorporating flax (Lipilina *et al.*, 2009; Jhala and Hall, 2010; Hussain *et al.*, 2012). On this matter, Atkinson *et al.* (2008) presented an international table with values of glycemic index (GI) and glycemic load (GL), in this table is observed that the products rich in this seed are classified

alimenticios ricos en esta semilla con un bajo valor en el índice glicémico. Este indicador (IG), propuesto por Wolever *et al.* (1991), fue utilizado para categorizar a los alimentos ricos en carbohidratos, según sus efectos sobre la respuesta de la glucosa postpandrial. Las dietas de bajo índice glicémico, y de lenta absorción, podrían reducir el riesgo dietético de padecer diabetes mellitus (Atkinson *et al.*, 2008).

En el mercado actual para diabéticos, tal como aseguraron De Luis *et al.* (2013), existen bebidas de alimentación enteral específicas para facilitar el control glicémico; cuyo contenido de fibra podría incidir en estas respuestas. No obstante, éstos indicadores aun no han sido totalmente estudiados en la mayoría de estos productos (De Luis *et al.*, 2013). Diversos estudios, como el de Figuerola *et al.* (2008), señalaron que la fibra dietética de la linaza, específicamente la goma por sus propiedades reológicas, podría aportar viscosidad y textura a los alimentos donde se incorpora, lo cual podría considerarse como una alternativa útil en la fabricación de productos líquidos. En este contexto, en un estudio realizado por Marco *et al.* (2013) se logró la incorporación de la goma de linaza a productos lácteos, los cuales permitieron mantener la concentración de los compuestos bioactivos de esta oleaginosa.

Por otra parte, al ser transformada la semilla entera en harina o en grano molido, se incrementó la factibilidad que tiene esta semilla para ser incorporada en la formulación de distintos alimentos, debido a que permitió el aumento del tiempo de alma-

with a low glycemic index. This indicator (GI) proposed by Wolever *et al.* (1991) was used to categorize the food rich in carbohydrates according to the effects on the response of postpandrial glucose. The diets with low glycemic index and with low absorption might reduced the dietetic risk of having mellitus diabetes (Atkinson *et al.*, 2008).

In the current market for diabetics as mentioned by De Luis *et al.* (2013), there were beverages with specific enteral nutrition to enable the glycemic control which fiber content might influence on these responses. Nevertheless, these indicators have not yet been totally studied in most of these products (De Luis *et al.*, 2013). Different studies, such as the one of Figuerola *et al.* (2008) mention that the dietetic fiber of flax, specifically the gel by its rheological properties, might provide viscosity and texture to the food where it was used, which might be considered as an useful alternative in the fabrication of liquid products. In this case, in a research carried out by Marco *et al.* (2013) the incorporation of the gel was achieved to dairy products, which allow maintaining the concentration of bioactive compounds of this oil seed.

On the other hand, when this seed was transformed into flour or ground seed the feasibility of this seed increases to be introduced in the formula of different food since it allows the increment of the storing time, reduces the volume of the biomass, improves the bio-availability and the digestibility of the components as mentioned by Morris and Vaisey-Genser (2003).

cenamiento, disminuyó el volumen por unidad de biomasa, mejoró la biodisponibilidad y además la digestibilidad de sus componentes, tal como señalaron Morris y Vaisey-Genser (2003).

Sin embargo, es importante investigar sobre la modificación de la composición química tras el proceso de molienda de la linaza, especialmente en el contenido de fibra soluble, pues, diversos procesos tecnológicos pudieran afectar la cantidad de fibra resultante en la torta remanente, la cual está en capacidad de producir respuestas glicémicas e insulínicas adecuadas al incorporarla a alimentos líquidos, específicamente a las bebidas con selección de carbohidratos.

En este sentido, estudios como el de Ganorkar y Jain (2013) han reportado la acción hipoglicemiante de esta semilla, pero pocas investigaciones han evaluado el efecto de la fibra del grano molido, al incorporarla a productos líquidos de composición variable; considerando que estos se absorben de forma más acelerada que los sólidos por la rapidez en la que se produce el vaciamiento gástrico.

Dada la relación de la cantidad de fibra soluble:insoluble de la linaza y conociendo que es uno de los rubros de interés reciente para la industria alimentaria, los objetivos del presente estudio se centraron en la comparación de la composición química del grano molido y entero de *L. usitatissimum* en una variedad canadiense y la determinación del efecto de la fibra de la linaza molida, sobre la respuesta glicémica e insulínica en una bebida con selección de carbohidratos; generando así alternativas en el diseño de productos

However, it is important to research the modification of the chemical composition after the grinding process of flax, especially in the content of the soluble fiber because different technological processes might affect the quantity of remaining fiber, which is in the capacity of producing adequate glycemic and insulin responses when incorporated to liquid food, especially beverages with selection of carbohydrates.

In this sense, studies such as the one of Ganorkar and Jain (2013) have reported the hypoglycemic action of this seed, but few researches have evaluated the effect of the seed of the ground grain when incorporating it to liquid products with variable composition, considering that these are absorbed more rapidly than solids by the fastness of the gastric emptying.

Due to the relation of the quantity of soluble fiber:insoluble of flax and knowing that it is one of the most important recent products for the food industry, the objectives of this research focused on the chemical composition of the ground and entire grain of *L. usitatissimum* in one Canadian variety, and the determination of the fiber effect of ground flax on the glycemic and insulin response in a beverage with selection of carbohydrates; thus, generating alternatives in the design of food products committed to diabetic consumers.

Materials and methods

Obtaining of ground flax: the grinding of flax was done at the Food Technology Laboratory of the Medici-

alimenticios, dirigidos a consumidores diabéticos.

Materiales y métodos

Obtención de la linaza moli-da: la molienda de la linaza se realizó en el laboratorio de Tecnología de Alimentos, Facultad de Medicina, Universidad del Zulia. La harina obtenida fue trasladada posteriormente al CIEM (Centro de Investigaciones Endocrino-Metabólicas “Dr. Félix Gómez”) donde fue incorporada a la bebida.

Materia prima

Selección de las muestras de linaza: se utilizó una variedad canadiense color pardo-rojiza de un mismo lote (variedad “NorMan”), la cual fue adquirida en el comercio local y posteriormente, almacenada a temperatura ambiente hasta su utilización. El muestreo utilizado fue de tipo aleatorio simple siguiendo las normas COVENIN 612-82 (1982). El tamaño inicial del sublot fue de aproximadamente 10 kg, para una muestra final de 2 kg.

Proceso de lavado y tostado: las semillas fueron lavadas manualmente, secadas al aire y posteriormente tostadas. Este proceso se realizó con un microondas doméstico con 480 W de salida, por debajo de la frecuencia de operación de 2450 MHz por 2,5 min (Hussain *et al.*, 2008).

Molienda de la semilla: los granos tostados se molieron mediante un procesador marca Hamilton Beach modelo 546-14 (Wielensenborn *et al.*, 2003). Fueron empacados en bolsas de polietileno y almacenados a temperatura ambiente hasta ser utilizados.

ne Faculty, Universidad del Zulia. The flour obtained was taken to CIEM (Research Center of Endocrine-Metabolic Diseases MD. Félix Gómez) and was introduced to the beverages.

Raw matter

Sample selection of flax: reddish- brown Canadian variety of the same lot was used (NorMan variety), which was acquired in the local market and was later stored at environment temperature until its use. The sampling used was simple randomized following the COVENIN norms 612-82 (1982). The initial size of the sublot was approximately of 10 kg, for a final sample of 2 kg.

Process of washing and toasting: the seeds were washed manually, dried and toasted. This process was done using a domestic microwave with 480 W of exit under the operating frequency of 2450 MHz by 2.5 min (Hussain *et al.*, 2008).

Seed grinding: the toasted grains were ground using a processor brand Hamilton Beach model 546-14 (Wielensenborn *et al.*, 2003). Later, the grains were packed in polyethylene bags and stored at environmental temperature until their use.

Chemical and physical analysis of flax

Humidity: it was determined using the AOAC method (1990) with a heated vacuum NAPCO model 5B.

Proteins: initially the nitrogen percentage was determined in the defatted flax seed using the Kjeldahl method (AOCS, 1998), using a digestion and distillation equipment Macro-Kjeldahl (Labconco brand), and to convert the nitrogen percentage (N) into protein percentage the factor 6.25

Análisis químicos y físicos de las muestras de linaza

Humedad: se determinó empleando el método (AOAC, 1990), con una estufa de vacío NAPCO modelo 5B.

Proteínas: inicialmente se determinó el porcentaje de nitrógeno en las muestras de linaza desgrasada, mediante el método Kjeldahl (AOCS, 1998), utilizando un equipo de digestión y destilación Macro-Kjeldahl (marca Labconco), para convertir el porcentaje de nitrógeno (N) en porcentaje de proteínas se empleó el factor 6,25 x N (AOCS, 1998; Daun *et al.*, 2003; Morris, 2007).

Grasa: se determinó empleando el método (AOAC, 1990) de extracción semi-continua en equipo Soxhlet empleando seis horas como tiempo de extracción.

Cenizas: se realizó mediante la incineración completa del material orgánico de las muestras a 500°C, según el método AOAC (1990).

Fibra dietaria: se determinó la fibra soluble e insoluble, mediante el método enzimático-gravimétrico (AOAC, 1990). La muestra fue previamente desgrasada y deshidratada en condiciones de vacío (70°C).

Ácido cianhídrico (HCN) equivalente: fue utilizado el método propuesto por Bradbury *et al.* (1994) con ciertas modificaciones señaladas por Ostojich y Sangronis (2012). Para ello, a 2 g de muestra, se le agregaron 40 mL de H₂SO₄ 0,1 M. Luego se colocó en el desintegrador de tejidos (Polytron modelo PT3100), por 2-3 min, centrifugando a 3500 rpm por 15 min y separando el extracto. Posteriormente, se transfirió 2 mL de este extracto a un tubo de ensayo con tapa, se adi-

x N was employed (AOCS, 1998; Daun *et al.*, 2003; Morris, 2007).

Fat: it was determined using the semi-continuous extracting method (AOAC, 1990) in a Soxhlet equipment and employing six hours as extracting method.

Ashes: it was done through the complete incineration of the organic material of samples at 500°C, according to the AOAC method (1990).

Dietary fiber: the soluble and insoluble fibers were determined using the enzymatic-gravimetric method (AOAC, 1990). The sample was previously defatted and dehydrated in vacuum conditions (70°C).

Equivalent hydrocyanic acid (HCN): for this the method proposed by Bradbury *et al.* (1994) was used with some modifications mentioned by Ostojich and Sangronis (2012). For this, at 2 g of sample were added 40 mL of H₂SO₄ 0.1 M. Later, it was put on the tissue disintegrator (Polytron modelo PT3100), for 2-3 min centrifugating at 3500 rpm for 15 min and separating the extract. Subsequently, 2 mL of this extract were transferred to a essay tube with cap, adding 2 mL of H₂SO₄ 4 M, and put on a water bath for 50 min. Once reached the environmental temperatura 5 mL of NaOH, 3.6 M were added, and stirred and let stand by for 5 to 10 min. Seven mL of citrate buffer were added (pH 5.0), 1.0 mL of the extract prepared and 0.4 mL of the Chloramine-T solution at 0.5% (0.5% m/v solution in distilled water) and let stand by for 5 min at environmental temperature and later the König reactive was added at a quantity of 1.6 mL. The tubes were stirred and let

cionó 2 mL de H_2SO_4 4 M, y se colocó en un baño de agua en ebullición por 50 min. Una vez alcanzada la temperatura ambiente, se añadieron 5 mL de NaOH, 3,6 M, se agitó y se dejó en reposo por un período de 5 a 10 min. Se añadió 7 mL de buffer citrato (pH 5,0), 1,0 mL del extracto preparado y 0,4 mL de solución de Cloramina-T al 0,5% (solución 0,5% m/v en agua destilada), se dejó reposar durante 5 min a temperatura ambiente y luego fue añadido el reactivo de König en una cantidad de 1,6 mL. Se agitó los tubos y se dejó reposar por un lapso de 60 min con el fin de desarrollar el color. La solución estándar fue preparada disolviendo 37,5 mg de KCN, el cual había sido deshidratado con antelación en una estufa de convección ($100^{\circ}C$ por 2 h), en NaOH 0,2 M y se llevó a 500 mL. Con esta solución se preparó posteriormente la curva de calibración. La absorbancia fue leída a 583 nm en un espectofotómetro (Milton Roy modelo 21D).

Determinación de la respuesta glicémica e insulínica postprandial en las bebidas

Individuos: se seleccionaron 11 individuos sanos (5 hombres y 6 mujeres), voluntarios con edades comprendidas entre los (21 y 38 años), quienes aceptaron firmar un consentimiento informado por escrito, aprobado por el comité de ética del Centro de Investigaciones Endocrino - Metabólicas Dr. Félix Gómez de la Universidad del Zulia.

La media $\pm$ DE de la edad, peso, estatura, IMC y circunferencia abdominal de los sujetos fue de 29,49 años $\pm$ 1,5; 62,3 kg $\pm$ 9,5; 23,04 kg.m² $\pm$ 1,7 y 78,89 cm $\pm$ 4,7, respectiva-

stand by for 60 min with the aim of developing the color. The standard solution was prepared dissolving 37.5 mg of KCN, which had been dehydrated in a convection stove ($100^{\circ}C$ for 2 h) in NaOH 0.2 M and was taken at 500 mL. With this solution the calibration curve was prepared. The absorbance was read at 583 nm in a spectrophotometer (Milton Roy model 21D).

Determination of the postprandial glycemic and insulin response in the beverages

Individuals: eleven healthy individuals were selected (5 men and 6 women), who volunteer and were from 21 to 38 years old and accepted signing a consent approved by the Ethic Committed of the Endocrine-Metabolic Research Center MD. Félix Gómez of Universidad del Zulia.

The mean $\pm$ DE of the age, weight, height, BMN and abdominal circumference of the people was of 29.49 years $\pm$ 1.5; 62.3 kg $\pm$ 9.5; 23.04 kg.m² $\pm$ 1.7 and 78.89 cm $\pm$ 4.7, respectively. The mean $\pm$ DE of insulin was of 11.39 μ U.mL⁻¹ $\pm$ 4.2 and homa index of 1.63 $\pm$ 0.4. In the sugar, cholesterol and triglycerides levels a mean of $\pm$ DE of 94.1 mg.dl⁻¹ $\pm$ 3.9; 164.9 mg.dl⁻¹ $\pm$ 18.6 and 75.29 mg.dl⁻¹ $\pm$ 24.6 was observed, respectively, characterizing them as healthy individuals without mellitus diabetes or any other chronic disease, without any strenuous physical activity, coffee consumption, tobacco or alcohol; thus, fulfilling with the inclusion criteria.

Processing: the individuals fulfilled the four (test) consumption tests at random and in a cross way in a quantity of 50 g of carbohydrates:

mente. La media $\pm$ DE de insulina, fue de $11,39 \mu\text{U} \cdot \text{mL}^{-1} \pm 4,2$ e índice de homa de $1,63 \pm 0,4$. En los valores de glicemia, colesterol y triglicéridos se observó una media $\pm$ DE de $94,1 \text{ mg} \cdot \text{dl}^{-1} \pm 3,9$; $164,9 \text{ mg} \cdot \text{dl}^{-1} \pm 18,6$ y $75,29 \text{ mg} \cdot \text{dl}^{-1} \pm 24,6$ respectivamente, calificándolos como individuos sanos, sin diabetes mellitus o alguna enfermedad crónica, sin actividad física extenuante, negación al consumo de café, tabaco o alcohol, cumpliendo así con todos los criterios de inclusión.

Procedimiento: los individuos completaron aleatoriamente y en forma cruzada cuatro pruebas de consumo en una cantidad de 50 g de carbohidratos: (dos para los alimentos de referencia y dos para las bebidas en estudio): una bebida polimérica para diabéticos (BP; Glucerna SR®), con $0,76 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ de fibra original, pan blanco (PB; Holsum®), solución glucosada (SG) Glicolab®, y la bebida polimérica para diabéticos (BPL; Glucerna SR®) con el agregado de linaza y una carga de fibra modificada a $3,38 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$. La composición nutricional de esta bebida se muestra en el cuadro 1.

Para los alimentos de referencia solución glucosada (SG) y pan blanco (PB), se utilizó una cantidad de 125 mm y 95,83 g, respectivamente. En cuanto a las bebidas poliméricas fueron utilizados 89,44 g de Glucerna SR® en polvo a una dilución de 19,62% BP; con un volumen final de 416 mL mientras que para la BPL Glucerna SR® con el agregado de linaza se utilizó la misma dilución de reconstitución (19,62%) con 40 g de linaza molida y un volumen final de 423 mL.

two for the reference food and two for the beverages under research: a polymeric beverage for diabetics (PB; Glucerna SR®), with $0.76 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ of original fiber, white bread (WB; Holsum®), glucose solution (GS) Glicolab®, and the polymeric beverage for diabetics (PBF; Glucerna SR®) with flax and a load of modified fiber at $3.38 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$. The nutritional composition of this beverage is shown on table 1.

For the reference food (glucose solution) (GS) and white bread (WB), a quantity of 125 mm and 95.83 g was used, respectively. Regarding the polymeric beverages, 89.44 g of Glucerna SR® in powder were used at a dilution of 19.62% (PB), with a final volume of 416 mL; meanwhile; for the PBF (Glucerna SR® with ground flax) the same dilution of reconstitution was used (19.62%) with 40 g of ground flax and a final volume of 423 mL.

The tests were carried out with 4 to 7 days between each session with samples taken from the vein and finger by duplicate. Immediately after taken the basal samples, the individuals ate the enteral product of the standard product (white bread) with 250 mL of water in a standardized period not higher than 15 min. Subsequently, capillary blood samples were obtained at 15, 30, 45, 60, 90 and 120 min for measuring the glucose (Wolever *et al.*, 1981; Aziz, 2009).

Increment of the area under the curve, glycemic index (GI) and glycemic load (GL)

The glycemic response was evaluated as an increment area under the curve (IAUC) at 2 hours.

For measuring the AUC the program NCSS was used (2007). The

Cuadro 1. Composición nutricional de la bebida polimérica comercial para uso en sujetos diabéticos.**Table 1. Nutritional composition of the commercial polymeric beverage for diabetics.**

Nutriente	Bebida comercial para diabéticos Glucerna®.100 g ⁻¹	Bebida comercial para diabéticos Glucerna®.89,44 g ⁻¹
Energía (Kcal)	424,00	379,22
Proteína (%/Kcal)	24,15	21,59
Lípidos (%/Kcal)	15,38	13,75
Carbohidratos	55,90	50,00
Fibra(g)	3,46	3,09
Agua	2,00	1,78

*Fuente: Abbott Laboratorios S.A. (2015).

Las pruebas fueron realizadas con (4 a 7 días entre cada sesión) con muestras de sangre venosa y capilar por duplicado. Inmediatamente de tomadas las muestras basales, los individuos consumieron, en un período estandarizado no superior a los 15 min, el producto enteral, o el producto estándar (pan blanco) junto con 250 mL de agua. Posteriormente, se obtuvieron muestras de sangre capilar a los tiempos 15, 30, 45, 60, 90 y 120 min para la medición de glucosa (Wolever *et al.*, 1981; Aziz, 2009).

Incremento del área bajo la curva, índice glicémico (IG) y carga glicémica (CG)

La respuesta glicémica fue evaluada como área de incremento bajo la curva (IAUC) a las 2 horas. Para el cómputo de la AUC se utilizó el programa NCSS (2007). La IAUC se calculó utilizando el método trapezoidal donde las áreas que caen por debajo del valor de glicemia en ayuno no fueron consideradas (Wolever *et al.*, 1991;

IAUC was calculated using the tranpezoidal method where the areas under the sugar level with fasting are not considered (Wolever *et al.*, 1991; Aziz, 2009). These values were used to calculate the GI using the following equation, where it was expressed as percentage (Wolever *et al.*, 1991; Aziz, 2009).

The value found in this equation was divided with 1.4 to report the results considering as base the sugar (Aziz, 2009).

$$\text{Glycemic index} = \frac{\text{AUC of the test food} \times 100}{\text{AUC of the reference food}}$$

The values classified in low GI (≤ 55), intermediate (55-69) and high (≥ 70). The glycemic load (GL) represents a measure derived from the GI value of the food under research and is calculated using the following formula:

$$\text{GL} = \text{GI} \times \text{CHO portion of food} / 100 \text{ (Atkinson } et al., 2008).$$

Aziz, 2009). Estos valores fueron utilizados para calcular el IG por medio de la siguiente ecuación, donde fue expresado como porcentaje (Wolever *et al.*, 1991; Aziz, 2009).

El valor encontrado en esta ecuación se dividió entre 1,4 para reportar los resultados tomando como base la glucosa (Aziz, 2009).

$$\text{Índice glicémico} = \frac{\text{AUC del alimento prueba} \times 100}{\text{AUC del alimento referencia}}$$

Los valores se clasificaron en IG bajo (≤ 55), intermedio (55-69) y alto (≥ 70). La carga glicémica (CG) representó una medida derivada del valor del IG del alimento en estudio y se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$CG = IG \times CHO$ por porción de alimento/100 (Atkinson *et al.*, 2008).

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

Análisis estadístico

Análisis químico: los análisis químicos de las dos muestras fueron realizados por triplicado y los resultados se expresaron en base seca como media $\pm$ DE. La comparación entre los dos tipos de muestras se hizo mediante la prueba t de Student para muestras independientes. Se determinó la normalidad de los datos utilizando la prueba de Anderson-Darling y la homogeneidad de varianza mediante el valor de F o del estadístico de Levene, según fuese el caso determinado por la normalidad. Se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Centurión XVI versión 16.2 (2013).

Análisis estadísticos de las respuestas glicémica e insulínica

Las variables antropométricas y bioquímicas de los sujetos fueron com-

The resulting values have been categorized in high GL >20 , medium GL 11-19 and high GL <10 .

Statistical analysis

Chemical analysis: the chemical analyses of the two samples were carried out by triplicate and the results expressed and dry base as mean $\pm$ DE. The comparison among the two types of samples was done using the t Student test for independent samples. The normality of the data was determined using the Anderson-Darling test and the variance homogeneity through the F value of the statistical of Levene, according to the case determined by the normality. The statistical software used was Statgraphics Centurión XVI version 16.2 (2013).

Statistical analysis of the glycemic and insulin response

The antropometric and biochemical variables of the individuals were compared according to the sex and using the U test of Mann-Whitney. To evaluate statistically the comparisons and interactions of the four treatments the variance multivariant analysis was employed (MANOVA) with *post hoc* tests of Tukey, expressing the results as mean $\pm$ DE, prior determination of the normality considering significant one $P \leq 0.05$. Similarly, the t student test was used for samples related to the difference analysis on each of the curve times according to the sex. All the analyses were carried out with the statistical software SPSS 17.0 (2009), except the calculus of the area under the curve, where the NCSS program was used (2007).

paradas según sexo utilizando la prueba U de Mann-Whitney. Para evaluar estadísticamente las comparaciones e interacciones de los cuatro tratamientos se empleó el análisis multivariante de la varianza (MANOVA) con prueba *post hoc* de Tukey, expresándose los resultados como media $\pm$ DE, previa determinación de la normalidad considerando significativo una $P \leq 0,05$. De manera similar, se utilizó la prueba t de Student para muestras relacionadas con respecto al análisis de las diferencias en cada uno de los tiempos de la curva según sexo. Todos los análisis fueron realizados con el software estadístico SPSS 17.0 (2009), exceptuando el cálculo del área bajo la curva, donde se utilizó el programa NCSS (2007).

Resultados y discusión

Composición química de las muestras de linaza: el análisis proximal de la composición química de las muestras de la linaza molida y de la semilla entera es presentado en el cuadro 2. Los principales constituyentes fueron la grasa y la fibra dietaria, aun cuando también presentó un considerable contenido de proteínas. Los valores tanto de la linaza molida como del grano entero, se encontraron dentro de los rangos reportados por diferentes estudios previos para la variedad NorMan-canadiense (Hussain *et al.*, 2008; Ostojich y Sangronis, 2012).

Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre la composición de ambas muestras de linaza en todas las variables, excepto en cenizas. Con respecto a la cantidad de fibra, se encontró un valor menor; como era de

Results and discussion

Chemical composition of the flax samples: the proximal analysis of the chemical composition of the samples of ground flax and entire seeds is presented in table 2. The main constituents are the fat and the dietary fiber, even when it also has a considerable content of proteins. The values of both the ground flax and entire grain are on the ranks reported by different researches prior to the NorMan-Canadian variety (Hussain *et al.*, 2008; Ostojich and Sangronis, 2012).

Significant differences were observed ($P \leq 0.05$) among the composition of both samples of flax in all the parameters except in ashes. Regarding the quantity of fiber, a lower value was found as expected for the ground seed rather than for the entire sample, possibly produced by the difference in the grinding process, since studies reported by Hall *et al.* (2006) indicate that flax has on the external layers of the seed a big quantity of dietetic fiber (28% of the biomass) with a relation of 75% of soluble fiber or mucilage. It is probable that the quantity of total fiber reduced due to this process more than in the technological processes of drying and toasting (Aubourg *et al.*, 2006).

The main constituents in the fiber of flax are the cellulose, the mucilage and lignin according to Morris (2007). In the current research, the obtaining process of the mucilage was not performed since according to Daun *et al.* (2003) this method cannot be applied in the ground sample because there will be contamination by proteins. Hussain *et al.* (2012) reported that the

Cuadro 2. Composición química de la muestra entera y molida de la linaza variedad Canadiense (color pardo-rojiza).

Table 2. Chemical composition of the entire and ground sample of flax of the Canadian variety (brown-reddish color).

Componente g.100 ⁻¹	Semilla entera (SS)	Semilla molida
Humedad %	5,10g ± 0,05 ^a	7,71 ± 0,01 ^b
Proteína %	21,58 ± 0,03 ^a	20,40 ± 0,07 ^b
Grasa %	42,35 ± 0,01 ^a	40,70 ± 0,05 ^b
Cenizas %	3,14 ± 0,03 ^a	3,19 ± 0,10 ^a
Fibra %	33,10 ± 0,71 ^a	27,50 ± 0,52 ^b
Fibra insoluble	17,01 ± 0,38 ^a	16,25 ± 0,01 ^b
Fibra soluble	16,09 ± 0,18 ^a	11,25 ± 0,01 ^b
HCN equivalente mg.100g ⁻¹	38,46 ± 2,17 ^a	10,41 ± 0,74 ^b

Se reportan media y desviación estándar de triplicados en base seca (SS). Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas.

esperarse para la semilla molida que para la muestra entera; producido posiblemente por la diferencia en el proceso de molienda, pues estudios reportados por Hall *et al.* (2006), indicaron que la linaza tenía en las capas externas de la semilla una gran cantidad de fibra dietética (28% de su biomasa), con una relación de 75% de fibra insoluble y 25% de fibra soluble o mucílago. Es probable que la cantidad de fibra total disminuyera debido a este proceso, más que a procesos tecnológicos de secado y tostado (Aubourg *et al.*, 2006).

Los principales constituyentes en la fibra de la linaza fueron la celulosa, el mucílago y la lignina según lo estudiado por Morris (2007). En este estudio, el proceso de obtención de mucílago no se llevó a cabo debido a que según Daun *et al.* (2003) este método no puede ser aplicado en la muestra molida porque ocurre contaminación por proteínas. Hussain *et al.* (2012) repor-

fiber content in the partially defatted flours was higher than those rich in fat. The average values observed in the ground sample of the flax were higher (27.5±0.52) than the flours evaluated in the mentioned research (8.12±0.32-12.31±0.38), maybe due to the process of husking, grinding and sieving performed.

Hall *et al.* (2006) affirmed that the fraction resulting from the husking has a lower capacity of water absorption and viscosity than integral flax flour. In relation to the fat content in the seeds, it was higher in the entire seed than in the ground, with a significant difference of $P \leq 0.05$. These results were related to the fat values reported by Morris (2007) for the same variety, which were determined using the AOCS AM 2-93 method, which consisted on modifying the conventional extraction for oils in Soxhlet equipments with solvent.

taron, que el contenido de fibra en las harinas parcialmente desgrasadas fue mayor que en las ricas en grasa. Los valores promedios observados en la muestra molida de linaza fueron más elevados ($27,5 \pm 0,52$) que el de las harinas evaluadas en la mencionada investigación ($8,12 \pm 0,32$ - $12,31 \pm 0,38$), producido quizás por el proceso de descascarillado, triturado y tamizado realizado en este último.

Hall *et al.* (2006) afirmaron que la fracción resultante del descascarado tuvo una menor capacidad de absorción de agua y viscosidad que la harina integral de linaza. Con relación al contenido de grasas en las semillas, fue mayor en la semilla entera que en la molida, con una diferencia significativa de $P \leq 0,05$. Estos resultados se correlacionaron con los valores de grasa reportados por Morris (2007) para la misma variedad, los cuales fueron determinados mediante el método AOCS Am 2-93 que consistió en una modificación de la extracción convencional para oleaginosas en equipo de Soxhlet con solvente.

El contenido de proteína se encontró dentro de los rangos de 19 a 36 g.100 g⁻¹, reportados por Daun *et al.* (2003), Oomah (2001) y Morris (2007). Procesos como el descascarado o desgrasado afectan la cantidad de proteínas del producto derivado de la linaza. Debido a que la cáscara contiene menos proteína, la harina sin cáscara y desgrasada tiene un alto contenido proteico, tal y como lo reportaron Hussain *et al.* (2012) con una media de $34,55 \pm 0,78$ (tostada) y $34,48 \pm 0,87$ (no tostada).

Con respecto al contenido de HCN equivalente en la semilla entera, para

The protein content was on the ranks from 19 to 36 g.100 g⁻¹, reported by Daun *et al.* (2003), Oomah (2001) and Morris (2007). Processes such as husking or defatting affect the quantity of proteins of the product derived from flax; since the husk has less protein, the flour without husk and defatted has a high protein content as reported by Hussain *et al.* (2012) with a mean of 34.55 ± 0.78 (toasted) and 34.48 ± 0.87 (without toast).

Regarding the HCN content equal to the entire seed for this variety, it was on the levels studied on previous researches for the Canadian cultivars (40 mg.100 g⁻¹) according to Morris (2007); being significantly lower $P \leq 0.05$ in the ground flax. Feng *et al.*, (2003) affirmed that the toast of flours reduce in 83.3% these compounds while Aubourg *et al.* (2006) report that the cyanogens compounds such as marine Lotaustralina Li were in the aqueous extract of flax, which suggests that the soaking process might help reduce such compounds.

In the research of Hussain *et al.* (2012) the soaking was not applied to carry out the elaboration of the flours but still the reduction percentage of the equivalent HCN was high, correlated to the reported by Aubourg *et al.* (2006) and the ones obtained in the current research. Even though the recommended daily quantity of flax is low, the suggested quantity of flax to incorporate in the commercial beverage analyzed in this research (40 g) with 2.56 mg of equivalent HCN, does not exceed the toxicity levels established in different countries, 10 ppm for E.E.U.U., Germany and United Kingdom; Warrand *et al.*, 2005).

esta variedad, se encontraron entre los niveles estudiados por trabajos previos para los cultivares canadienses (40 mg.100 g⁻¹) según Morris (2007); siendo significativamente ($P \leq 0,05$) más bajo en la linaza molida. Feng *et al.* (2003) afirmaron que el tostado de las harinas redujeron un 83,3% estos compuestos, mientras que Aubourg *et al.* (2006) reportaron que los compuestos cianógenos como Lotaustralina Li marina se encuentran en el extracto acuoso de la linaza lo que sugiere pensar que el proceso de remojo pudiera ayudar a reducir tales compuestos.

En el trabajo de Hussain *et al.* (2012) el remojo no fue aplicado para realizar la elaboración de harinas y aun así el porcentaje de reducción del HCN equivalente fue elevado, correlacionado con lo reportado previamente por Aubourg *et al.* (2006) y los obtenidos en este trabajo. A pesar que la cantidad de linaza recomendada a ingerir por día, es baja; aún así la cantidad de linaza sugerida para incorporar en la bebida comercial analizada en esta investigación (40 g) con 2,56 mg de HCN equivalente; no excedió el límite de los niveles de toxicidad establecidos en diversos países (10 ppm para E.E.U.U., Alemania y Reino Unido; Warrand *et al.*, 2005).

Respuesta glicémica: los resultados de las concentraciones de glucosa en sangre capilar de los alimentos en estudio fueron expresados como la media $\pm$ DE y se muestran en la figura 1. No se encontraron diferencias estadísticas en las concentraciones de glicemia basales para ninguno de los tratamientos. La concentración máxima de glucosa o el pico máximo se produjo 30 min después de la ingesta

Glycemic response: the results of the glucose concentrations in the capillary blood of food under research are expressed as the mean $\pm$ DE and were shown on figure 1. None significant differences were found in the basal glycaemia concentrations for none of the treatments. The maximum concentration of glucose of the maximum peak produced 30 min after the ingestion of the two beverages and the sugar solution, and for the white bread it produced within 45 min, reducing the basal levels within 90 min, after the polymeric beverage without flax (PB) and within 60 min in the beverage with the flax (PBF), the latter producing a peak in min 90 and returning to the basal level on min 120 min.

Within 30 min, the capillary glycaemia was lower after the ingest of both beverages than for the sugar solution with a difference of $P \leq 0.0001$, meanwhile, between white bread (WB) vs PBF the difference was of $P \leq 0.003$ and a value of $P \leq 0.02$ was found between the polymeric beverage (PB) and white bread (WB). Also, significant differences were found ($P \leq 0.05$) in the maximum glucose concentrations among the two beverages when producing the glycaemic peak (88.5 mg.dl⁻¹) for PBF and 106.9 mg.dl⁻¹ for WB; obtaining a lower glycaemic response for the polymeric beverage with the flax incorporated.

This result confirms the hypothesis of the current research based on the fact that the quantity of fiber resulting from the grinding process would have a positive effect on the glycaemic responses, specifically when introduced to the polymeric

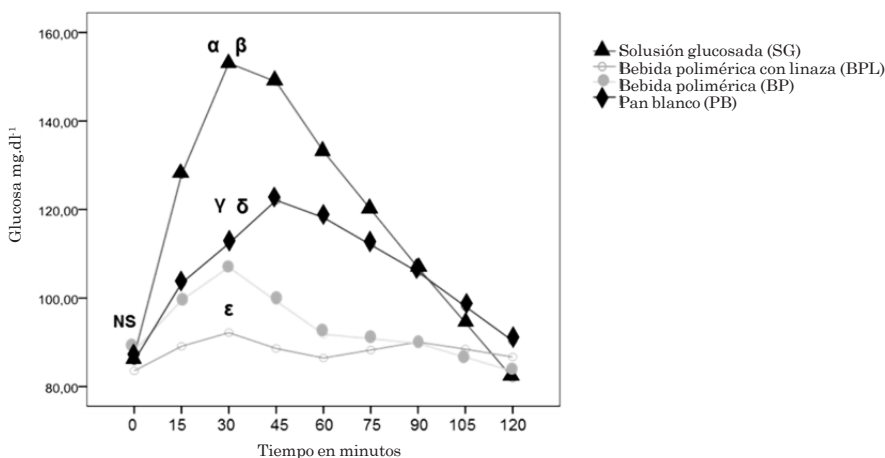


Figura 1. Curvas de glucosa después del consumo de 50 g de carbohidratos disponibles en una bebida comercial específica para diabéticos (Glucerna®), en la bebida para diabéticos con linaza (Glucerna® con linaza), solución glucosada y pan blanco. Diferencias significativas entre α SG vs BP $P \leq 0,0001$; β SG vs BPL $P \leq 0,0001$; γ PB vs BP $P \leq 0,02$; δ PB vs BPL $P \leq 0,003$; ϵ BP vs BPL $P \leq 0,05$.

Figure 1. Curves of glucose after the consumption of 50 g of carbohydrates available in a commercial beverage specific for diabetics (Glucerna®), in the beverage for diabetics with flax (Glucerna® with flax), sugar solution and white bread.

de las dos bebidas y de la solución glucosada, en tanto que para el pan blanco se produjo al minuto 45, disminuyendo a sus niveles basales al minuto 90, posterior a la bebida polimérica sin linaza (BP) y a los 60 minutos en la bebida con la incorporación de esta (BPL), produciendo esta última una ligera alza en el minuto 90 y retornando al nivel basal a los 120 min.

A los 30 min, la glicemia capilar fue menor tras la ingesta de ambas bebidas que para la solución glucosada con una diferencia de $P \leq 0,0001$; mientras que entre pan blanco (PB) vs BPL la diferencia fue de $P \leq 0,003$ y un valor de $P \leq 0,02$ fue encontrado entre la bebida

product with a quantity of modified fiber of $3.33 \text{ g.}100 \text{ mL}^{-1}$

The results obtained were compared to the reported by Marco *et al.* (2013) on the positive effects of the soluble fiber of soy and the gel of flax in the glycaemic response of dairy products. Contrary to what was observed in the current research, the effect of the fiber load of $2.3 \text{ g.}100 \text{ mL}^{-1}$ of an antenal beverage studied by Visek *et al.* (2007) did not impact positively the post-pandrial glycaemia.

Area under curve, glycaemic index (GI) and glycaemic load (GL): the values of IAUAC were expressed as the mean and by interquartile range in

polimérica (BP) vs PB (pan blanco). Se encontraron además diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en las concentraciones máximas de glucosa entre las dos bebidas al producirse el pico glicémico $88,5 \text{ mg.dl}^{-1}$ para BPL y $106,9 \text{ mg.dl}^{-1}$ para BP. Resultando una respuesta glicémica más baja para la bebida polimérica con linaza incorporada.

Este resultado, confirmó la hipótesis de este estudio basada en el hecho de que la cantidad de fibra resultante del proceso de la molienda tendría un efecto positivo sobre las respuestas glicémicas, específicamente al ser incorporada al producto polimérico con una cantidad de fibra modificada de $3,33 \text{ g.100 mL}^{-1}$.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los reportados por Marco *et al.* (2013) sobre los efectos positivos de la fibra soluble de la soya y la goma de la linaza en la respuesta glicémica de productos lácteos. Contrario a lo observado en este trabajo, el efecto de la carga de fibra de $2,3 \text{ g.100 mL}^{-1}$ de una bebida enteral estudiada por Visek *et al.* (2007) no impactó de forma positiva a la glicemia postprandial.

Área bajo la curva, índice glicémico (IG) y carga glicémica (CG): los valores del IAUAC, fueron expresados como la media y por rango intercuartílico en el cuadro 3; sin diferencias significativas entre las bebidas poliméricas, pero si entre los productos de referencia y estas ($P \leq 0,05$). La media y $\pm \text{DE}$ del IG y de la CG se muestran en el cuadro 4; con un valor intermedio para ambas bebidas, sin diferencia estadística. Sin embargo, al comparar entre el IG del pan blanco (PB; $68,75 \pm 10,2$) y el IG de la bebida

table 3 without significant differences among the polymeric beverages but with differences among the reference products and these $P \leq 0.05$. The mean and $\pm \text{DE}$ of GI and GL are shown on table 4, with an intermediate value for both beverages and without statistical differences. However, when comparing the GI of white bread (WB) 68.75 ± 10.2 and the GI of the polymeric beverage with flax (PBF) 56.4 ± 6.3 a difference of $P \leq 0.002$ was observed, possibly caused by the incorporation of the fiber in the product.

The latter suggests that the glycaemic impact of the 50 g of carbohydrates derived from the PBF was lower than the same quantity of carbohydrates ingested using as source the white bread (WB). The glycaemic load was slightly higher for PBF explained by the quantity of additional carbohydrates (2 g) derived from flax.

The values observed in the international table presented by Atkinson *et al.* (2008) had a lower average for this beverage in the GI (33-44) and in the GL (6-9). However, it is known that the variability in the glycaemic response is high and its behavior might be different in the diverse populations (Jenkins *et al.*, 2008).

Even though in the current research the conditions of fasting, physical activity and ingest in all individuals, it might be useful to investigate these indicators in other Latin American countries, since most of the values published for this product in the table belong to countries such as Canada, United States or Australia (Atkinson *et al.*, 2008).

Post-prandial insulin response: similar to the reported by Marco *et al.*

Cuadro 3. Comparación del área bajo la curva según el tipo de alimento.

Table 3. Comparison of the area under the curve according to the type of food.

	Área bajo la curva		
	Glycolab®	Pan blanco	(BP) Glucerna® (BPL) Glucerna® con linaza
Total	13809,75	13209,00	11116,50 c, d
Rango intercuartílico	(13061,25-15030,00)	(12011,25-14325)	(10740-11891,25) (10601,25-11355,00)

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$). ^a $P \leq 0,001$ con Glicolab® ^b $P \leq 0,002$ con pan blanco; ^c $P \leq 0,0001$ con Glycolab® ^d $P \leq 0,005$ con pan blanco. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$).

Cuadro 4. Comparación del índice glicémico y carga glicémica según el tipo de alimento.

Table 4. Comparison of the glycaemic index and glycaemic load according to the type of food.

GI/Glucosa	Tamaño de la porción	CHO disponibles (g)	CG/Glucosa
BP 58,07±8	237 mL	29 g	16,80± 2,4
BPL 56,40±6 ^a	237 mL + 8 g (linaza)	31 g	18,17±1,9
PB 68,75 ±10 ^b	80 g	29 g	19,90±2,2

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$). a $P \leq 0,002$ con pan blanco. b ($P \leq 0,05$) con (BPL) bebida con linaza.

polimérica con linaza (BPL; 56,4±6,3) se encontró una diferencia de $P \leq 0,002$, posiblemente causada por la incorporación de fibra en el producto.

Lo que sugirió que el impacto glicémico de los 50 g de carbohidratos derivados de la BPL fue menor al de la misma cantidad de carbohidratos ingerida utilizando como fuente el pan blanco (PB). La carga glicémica fue ligeramente mayor para la BPL explicado en parte por la cantidad de carbohidratos adicionales (2 g) derivados de la linaza.

Los valores observados en la tabla internacional presentaron por Atkinson *et al.* (2008), poseen un promedio más bajo para esta bebida en el IG (33-44) y en la CG (6-9). Sin embargo, se conoce que la variabilidad en la respuesta glicémica fue elevada y su comportamiento podría ser distinto en las diversas poblaciones (Jenkins *et al.*, 2008).

A pesar de que en este estudio, fueron controladas las condiciones de ayuno, actividad física, e ingesta en todos los sujetos, sería útil indagar estos indicadores en otros países lati-

(2013) in the current research none significant differences were observed among the insulin concentrations of 2 h PBF $28.5 \mu\text{U} \cdot \text{mL}^{-1} \pm 3.3$ vs the polymeric beverage without any additives $23.7 \mu\text{U} \cdot \text{mL}^{-1} \pm 6.5$. Thus, it can be said that it is possible to increase the concentration of fiber derived from flax to be introduced to this type of product with the aim of improving the relation of soluble fiber and insoluble, and also reach adequate glycaemic curves, more reduced and healthier post-pandrial insulin responses. Researches indicate that the use of ground flax in the elaboration of food might reduce the glycaemic response and the chemical composition (Dahl *et al.*, 2005; Montes *et al.*, 2008; Lipilina *et al.*, 2009; Hussain *et al.*, 2012).

Conclusions

The chemical composition of the seeds was modified with the grinding process and in all the components except in ashes. It is observed a high content of proteins, fats and dietary fiber in both samples, typical on the

noamericanos, pues la mayoría de los valores publicados para este producto en esta tabla pertenecen a países como Canadá, E.E.U.U. o Australia (Atkinson *et al.*, 2008).

Respuesta insulínica post-prandial: similar a lo reportado por Marco *et al.* (2013), en esta investigación, no se observaron diferencias significativas entre las concentraciones de insulina de 2 h, BPL $28,5 \mu\text{U.mL}^{-1} \pm 13,3$ vs la bebida polimérica sin adición de la misma $23,7 \mu\text{U.mL}^{-1} \pm 6,5$. Por lo cual se podría señalar que es posible incrementar la concentración de fibra derivada de la linaza para incorporarla a este tipo de producto, con el fin de mejorar la relación fibra soluble:insoluble y alcanzar además curvas glicémicas adecuadas, respuestas insulínicas post-prandiales más disminuidas y saludables. Conforme a estos resultados, estudiados aseguraron que el uso de linaza molida en la elaboración de alimentos podría mejorar la respuesta glicémica y la composición química de estos (Dahl *et al.*, 2005; Montes *et al.*, 2008; Lipilina *et al.*, 2009; Hussain *et al.*, 2012).

Conclusiones

La composición química de las semillas fue modificada con el proceso de molienda en todos los componentes excepto cenizas. Se evidencia un contenido elevado de proteínas, grasa y fibra dietaria en ambas muestras, característico en la variedad analizada. Se produjo una reducción significativa en el contenido de compuestos cianogénicos por el proceso tecnológico de tostado aplicado a la muestra de li-

variety analyzed. A significant reduction was produced in the content of cyanogenic compounds for the technological process of toasting applied to the sample of ground flax and qualifying it as safe for the human consumption, even in the standardized quantity incorporated to the beverage under research.

As expected, the total fiber, insoluble and soluble resulting from the grinding process was lower than in the entire seed nevertheless, its effect was capable of producing a more reduced and favorable glycaemic response when incorporating it to the beverage with a selection of carbohydrates of enteral use in diabetics, obtaining a lower glycaemic index compared to the value of white bread. The glycaemic load was intermediate in both beverages, without any significant increment in the insulin values. These results are useful in the food industry for its incorporation to the liquid products for people with mellitus diabetes or resistance to insulin, with the aim of using new types of fiber which viscosity would allow a reduction of the absorption velocity of glucose in the blood after the ingest of these products.

End of english version

naza molida calificándola como segura para el consumo humano, incluso en la cantidad estandarizada incorporada a la bebida en estudio.

Como era de esperarse, la fibra total, insoluble y soluble resultante en el remanente de la molienda, fue menor que en la semilla entera; no obs-

tante, su efecto fue capaz de producir una respuesta glicémica más disminuida y favorable al incorporarla específicamente a la bebida con selección de carbohidratos de uso enteral en diabetes, obteniendo un índice glicémico más bajo comparado con el valor del pan blanco. La carga glicémica resultó intermedia en las dos bebidas, sin incremento significativo en los valores de insulina, estos resultados son útiles en la industria alimentaria para su incorporación a los productos líquidos de la gama de opciones al consumidor con diabetes mellitus o insulino-resistencia, con el fin de utilizar innovadores tipos de fibra cuya viscosidad permita una disminución de la velocidad de absorción de la glucosa en sangre tras la ingesta de estos productos.

Literatura Citada

- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th edition. Virginia, USA.
- AOCS. 1998. American Oil Chemists Society. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. 5th edition. Champaign IL, USA.
- Atkinson, F., K. Foster-Powell and J. Brand-Miller. 2008. International Tables of Glycemic Index and Glycemic Load Values: 2008. Diab. Care 31(12):2281-2283.
- Aubourg, S., L. Stodolnik, A. Stawicka and G. Szczepanik. 2006. Effect of a flax seed (*Linum usitatissimum*) soaking treatment on the frozen storage stability of mackerel (*Scomber scombrus*) filets. J. Sci. Food Agric. 86(15):2638-2644.
- Aziz, A. 2009. The Glycemic Index: Methodological Aspects Related to the Interpretation of Health Effects and to Regulatory Labeling. J. AOAC Int. 92(3):879-887.
- Babu, U.S. and P.W. Wiesenfeld. 2003. Nutritional and Hematological Effects of Flaxseed. p.150-173. En: L.U. Thompson and S.C. Cunnane, (Eds.). Flaxseed in human nutrition. Second edition. AOCS Press, Inc. Champaign, Illinois.
- Bradbury, J., M. Bradbury and S. Egan. 1994. Comparison of methods of analysis of cyanogens in cassava. Acta Hort. 375:87-96.
- COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. 1982. Norma 612-82: Cereales, leguminosas, oleaginosas y productos derivados. Muestreo. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.
- Dahl, W., E. Elockert, A. Cammer and S. Whiting. 2005. Effects of Flax Fiber on Laxation and Glycemic Response in Healthy Volunteers. J. of Med. Food. 8(4):508-511.
- Daun, J.K., V.J. Bartht, T.L. Chormick and S. Duguid. 2003. Structure, composition and variety development of flaxseed. p. 1-40. En: L.U. Thompson and S.C. Cunnane (Eds.). Flaxseed in human nutrition. Second edition. AOCS Press, Inc. Champaign, Illinois.
- De Luis, D., O. Izaola, B. De la Fuente y K. Araujo. 2013. Respuesta glucémica e insulinémica a dos fórmulas enterales isocalóricas en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. Nutri Hosp. 28(3):600-606.
- Feng, D., Y. Shen and R. Chávez. 2003. Effectiveness of different processing methods in reducing hydrogen cyanide content of flaxseed. J. Sci. Food Agric. 83(8):836-841.
- Figuerola, F., O. Muñoz y A. Estévez. 2008. La linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos. Agro Sur. 36(2) 49-58.
- Frankel, E. and J. German. 2006. Antioxidants in foods and health: problems and fallacies in the field. J. Food Agric. 86:1999-2001.

- Ganorkar, P. and R. Jain. 2013. Flaxseed - a nutritional punch. IFRJ 20(2):519-525.
- Goh, K., D. Pinder, C. Hall and Y. Hemar. 2006. Rheological and light scattering properties of flaxseed polysaccharides aqueous solutions. Biomacromolecules 7:3098-3103.
- Hall, C., M. Tulbek and Y. Xu. 2006. Flaxseed. Ad. Food Nutr. Res. 51:2-99.
- Hussain, S., F. Anjum, M. Butt, y M. Sheikh. 2008. Chemical composition and functional properties of flaxseed flour. Sarhad J. Agric. 24 (4):649-653.
- Hussain, S., F. Anjum, M. Butt, M. Alamri and M. Shabbir. 2012. Development and Evaluation of Nutritionally Superior Baked Products Containing Flaxseed. Pakistan J. of Nutr. 11(2):160-165.
- IBM Corporation, Inc. 2009. Statistical Package for the Social Sciencies 17th edition. IBM SPSS Statistics., Inc. Chicago, Illinois.
- Jenkins, A., D. Jenkins, T. Wolever, A. Rogovik., E. Jovanovski, V. Božikov, D. Rahelja and V. Vuksan. 2008. Comparable Postprandial Glucose Reductions with Viscous Fiber Blend Enriched Biscuits in Healthy Subjects and Patients with Diabetes Mellitus: Acute Randomized Controlled Clinical Trial. Croat. Med. J. 49:772-782.
- Jhala A. and L. Hall. 2010. Flax (*Linum usitatissimum* L.): Current Uses and Future Applications. Aus. J. of Basic and App. Sci. 4(9):4304-4312.
- Lipilina, E. and V. Ganji. 2009. Incorporation of ground flaxseed into bakery products and its effect on sensory and nutritional characteristics - a pilot study. J. of Food Service 20(1):52-59.
- Marco, M., H. Au, D. Goff, J. Kisch, A. Coulson and J. Amanda. 2013. Effects of soy-soluble fiber and flaxseed gum on the glycemic and insulinemic responses to glucose solutions and dairy products in healthy adult males. J. Am. Coll. Nutr. 32(2):98-110.
- Mentes, Ö., E. Bakkalbassi and R. Ercal. 2008. Effect of the Use of Ground Flaxseed on Quality and Chemical Composition of Bread. Food Sci. Technol. Inter. 14(4):299-306.
- Morris, D., M. Vaisey-Genser. 2003. Availability and labeling of flaxseed food products and supplements. p. 404-422. L.U. Thompson and S.C. Cunname (Eds.). Flaxseed in human nutrition. Second edition. AOCS Press, Inc. Champaign, Illinois.
- Morris, D. 2007. Flax – A Health and Nutrition Primer. Flax Council of Canada. Description and Composition of Flax. Disponible en: http://flaxcouncil.ca/wp-content/uploads/2015/03/FlxPrmr_4ed_Chpt1.pdf.
- NCSS, LLC. 2007. Number Cruncher Statistical System NCSS.5th edition, NCSS, LLC., Inc., Kaysville, Utah.
- Oomah, B. 2001. Flaxseed as a functional food source. J. Sci. Agric. 81:889-894.
- Ostojich, Z. y E. Sangronis. 2012. Caracterización de semillas de linaza (*Linum usitatissimum* L.) cultivadas en Venezuela. Arch. Latin. Nutr. 62(2):192-200.
- Statpoint Technologies, Inc. 2013. Statgraphic Centurión XVI Professional. Software of Statistics, Edition: Multilingual. 16th edition StatPoint, Inc., Warrenton, VA.
- Vissek, J., M. Zourek, S. Lacigova and Z. Rusavy. 2007. Influence of fiber on glycemic index of enteral nutrition. J. Parent. Enter. Nutr. 31(6):491-495.
- Warrand, P., L. Picton, G. Muller, B. Courtois, R. Ralainirina and J. Courtois. 2005. Structural investigations of the 107 neutral polysaccharide of *Linum usitatissimum* L. seeds mucilage. Inter. J. Biol. Macromolecule 35:121-125.
- Wielenssenborn, D., K. Tostenson and N. Kangas. 2003. Continuous abrasive method for mechanically fractionating flaxseed. J. Am. Oil Chem. Soc. 80:295-300.
- Wolever T., D. Jenkins, A. Jenkins and R. Josse. 1991. The glycemic index: Methodology and clinical implications. Am. J. Clin. Nutr. 54:846-84.