

**INFLUENCIA DE LOS POLIFENOLES EN
LA RESPUESTA GLICÉMICA
DEL FRIJOL NEGRO Y FRIJOL BLANCO**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Nutrición



**INFLUENCIA DE LOS POLIFENOLES
EN LA RESPUESTA GLICÉMICA
DEL FRIJOL NEGRO Y FRIJOL BLANCO**

MARÍA FABIOLA HAEUSSLER HERRERA

Trabajo de graduación presentado
para optar al grado académico de

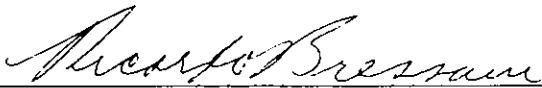
Licenciada en Nutrición

Guatemala

2002

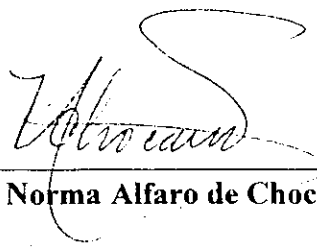


Vo. Bo:


(f) 

Dr. Ricardo Bressani
Asesor

Tribunal:

(f) 

M.Sc. Norma Alfaro de Chocano

(f) 

Licda. Lucía Castellanos de Rodríguez

Fecha de aprobación: 2 de julio de 2002

Agradezco

A Dios y a la Virgen María

A mis Padres (Clara Eugenia y Alberto E.)

A mis Hermanos (Alberto, Ana Isabel y Silvia María)

A mis Abuelos (Papitos Chente y Rafael y Mamitas Clarita y Angelina)

A mi novio (Jeffry)

A mis amigos (Vivi, Alejandro, Silvia, Juan, Diego)

A mis Catedráticos

A mi Asesor de Tesis (Dr. Bressani)

A mi revisora (Licda. Chocano)

INDICE

	Páginas
LISTA DE CUADROS	ix
RESUMEN	x
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
A. IMPORTANCIA DE LAS LEGUMINOSAS	3
B. COMPOSICIÓN DEL FRIJOL	4
C. PROCESAMIENTO DEL FRIJOL	12
D. GLICEMIA	14
E. RESPUESTA GLICÉMICA	16
F. FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA GLICÉMICA	17
G. INDICE GLICÉMICO	22
H. INDICE GLICÉMICO DE LAS LEGUMINOSAS	28
III. JUSTIFICACIÓN	31
IV. OBJETIVOS	33
A. GENERALES	33
B. ESPECÍFICOS	33
V. HIPÓTESIS	33
VI. MATERIAL Y MÉTODOS	34

A. MATERIALES	34
B. MÉTODOS	35
VII. RESULTADOS	38
VIII. DISCUSIÓN	54
IX. CONCLUSIONES	59
X. RECOMENDACIONES	61
XI. BIBLIOGRAFÍA	62
XII. APÉNDICE	67

Lista de cuadros

	Página
• Cuadro 1 : Valor nutritivo de los frijoles negro y blanco	5
• Cuadro 2 : Índice glicémico de alimentos seleccionados	23
• Cuadro 3 : Contenido de humedad en frijol crudo	38
• Cuadro 4 : Contenido de cenizas en frijol crudo	39
• Cuadro 5 : Contenido de proteína en frijol crudo	39
• Cuadro 6 : Contenido de grasa en frijol crudo	39
• Cuadro 7 : Contenido de fibra dietética en frijol crudo	40
• Cuadro 8 : Contenido de carbohidratos en frijol crudo	40
• Cuadro 9 : Contenido de humedad en frijoles cocidos	42
• Cuadro 10 : Contenido de cenizas en frijol cocido	42
• Cuadro 11 : Contenido de proteína en frijol cocido	42
• Cuadro 12 : Contenido de grasa en frijol cocido	43
• Cuadro 13 : Contenido de fibra dietética en frijol cocido	43
• Cuadro 14 : Contenido de carbohidratos en frijol cocido	44
• Cuadro 15 : Análisis proximal de los frijoles blanco y negro en crudo y cocido.	44
• Cuadro 16 : Contenido de polifenoles en frijol cocido	45
• Cuadro 17 : Características de los individuos participantes	46
• Cuadro 18 : Respuesta glicémica del frijol blanco	47
• Cuadro 19 : Respuesta glicémica del frijol negro	48
• Cuadro 20 : Respuesta glicémica del alimento estándar	49
• Cuadro 21 : Área bajo la curva e índice glicémico de los frijoles blanco y negro.	52

RESUMEN

El índice glicémico de los alimentos ha resultado ser un buen marcador de los beneficios nutricionales de granos legumbres y vegetales. El conocimiento del índice glicémico del frijol es de vital importancia para nuestro país, ya que permitiría con mayor propiedad incorporar a la dieta de los diabéticos este alimento que constituye uno de los de mayor consumo por la población en general.

Al realizar el presente estudio se tuvieron como objetivos, la determinación de la respuesta glicémica del frijol negro y blanco en individuos sanos, el establecimiento y comparación del índice glicémico y la determinación del efecto de los polifenoles sobre el índice glicémico.

Para lograr los objetivos se realizó un análisis proximal de los frijoles en crudo y cocido, se determinó el contenido de las porciones de frijol cocido y se envasaron en porciones que contenían 50 gramos de carbohidrato disponibles los cuales fueron consumidos por diez voluntarios sanos. Los niveles de glucosa en sangre se midieron a los 0, 15, 30, 60, 90, y 120 minutos, y se expresaron como medias del área bajo la curva.

El índice glicémico más alto fue el del frijol blanco y el más bajo fue el negro, estableciéndose así mismo diferencia significativa entre los

índices de cada frijol. La diferencia es significativa para la prueba t cuando $p < 0.05$ para ambos índices.

Se observó una correlación negativa ($r = -0.455$) entre el índice glicémico y la ingestión de polifenoles así como de fibra dietética, factores que aparentemente son los responsables de una respuesta glicémica baja en las legumbres comparado con la respuesta glicémica de los cereales, en este caso el pan blanco que se utilizó como el alimento estándar.

Con base en los resultados obtenidos se concluye que los polifenoles y la fibra dietética influyen en la respuesta glicémica del frijol negro y blanco por lo que se acepta la hipótesis planteada en el estudio.

I. INTRODUCCIÓN

El índice glicémico de los alimentos, es decir la relación de la respuesta glicémica (el área de elevación de glucosa por el tiempo) de una porción de alimentos conteniendo 50 gramos de carbohidrato disponible comparado con la respuesta glicémica de una porción equivalente de carbohidratos en el pan blanco o en la glucosa, ha resultado ser un buen marcador de los beneficios nutricionales de granos, legumbres y algunos vegetales.

Los alimentos fuentes de carbohidratos, ingeridos en cantidades equivalentes de carbohidratos disponibles, no elevan la respuesta glicémica al mismo grado. Los alimentos que elevan la glicemia a una velocidad más baja tienen mucha importancia en el manejo de enfermedades como la diabetes. La diferencia de la respuesta parece radicar en factores propios del alimento como la forma, la naturaleza de los carbohidratos, el procesamiento del alimento, la interacción entre proteína almidón y el contenido de polifenoles y de fibra dietética.

Estudios preliminares sugieren que las leguminosas, no obstante ser alimentos fuentes de fibra y carbohidratos, únicamente causan una pequeña elevación de la glucosa en sangre.

Entre las leguminosas, el frijol ocupa un lugar predominante como alimento de mayor consumo, es una de las fuentes principales de proteína en la dieta de grandes grupos de población en diferentes partes del mundo y en Guatemala contribuye con un 15% a 20% a la ingestión diaria de calorías y proteínas.

El trabajo que a continuación se presenta pretende establecer el índice glicémico de los frijoles negro y blanco, una comparación entre estos y determinar la influencia del contenido de polifenoles que cada uno de ellos ejerce en la respuesta glicémica.

II. ANTECEDENTES

A. Importancia de las leguminosas

En muchos países en desarrollo, el mejoramiento de la nutrición para la mayoría de la población depende del acceso a los alimentos básicos. En América Latina muchos grupos tienen dietas altas en cereales y otros alimentos ricos en almidón. En Guatemala, por ejemplo, el maíz provee un 65% de las calorías diarias y el 53 % de las proteínas diarias. El mayor suplemento proteínico en estas dietas son los frijoles, los cuales proveen cerca de 19% de la proteína diaria y 8.5% de energía diaria. (Bresani, 1993). El frijol común (*Phaseolus vulgaris*) es una de las fuentes principales de proteína en la dieta de grandes grupos de población en diferentes partes del mundo y contribuye además con un 15% a 20% de la ingestión diaria de calorías y proteínas y otros elementos nutritivos (Mendoza, 1990). Sin embargo hay factores que afectan su consumo, como por ejemplo su baja producción y disponibilidad, calidad del grano, hábitos dietéticos, patrones culturales y costo (Mendoza, 1990)

Entre los aspectos físicos asociados con el consumo de los frijoles y su aceptación se incluye el color, el tamaño, la forma y la brillantez de la cáscara. Otros aspectos se refieren al tiempo de cocimiento y preparación, no sólo por el largo tiempo, que puede alcanzar hasta 240 minutos, sino además el consumo de combustible. (Bressani, 1993)

B. Composición del frijol

Desde el punto de vista nutricional, se conoce su alto contenido de lisina, su bajo contenido de aminoácidos azufrados y la presencia de factores antifisiológicos. Sin embargo, es importante indicar la gran variabilidad tanto en el contenido de estos compuestos, como también de proteína en las diferentes especies, entre variedades de una misma especie e incluso en frijoles de un mismo color. (Mendoza, 1990). Resultados reportados sobre la composición de nutrientes de varias especies de frijol indican pequeñas variaciones en la composición química de frijoles pertenecientes a la misma especie (Sathe, 1984).

Aunque las leguminosas son vistas primeramente como una fuente de alto contenido proteico (17-40%), los carbohidratos forman la mayor cantidad del grano (60-70% en base seca). El almidón (45-60%) y la fibra dietética (15-20%) constituyen el mayor volumen de los carbohidratos en las leguminosas. También contienen 1-3% de grasa y son excelente fuente de minerales como lo indica contenido de cenizas (4-5%) (Sathe, 1984).

La proteína se encuentra principalmente localizada en el cotiledón y en el eje embrionario con pequeñas cantidades en la testa. La calidad proteínica depende de los aminoácidos azufrados, aunque puede ser afectada por factores tales como el almacenamiento y procesamiento (Mendoza, 1990). Con respecto a los lípidos, la fracción glicérica consiste

principalmente de insaturados, ácido oleico, linoleico y linolénico. (Ordoñez, 1991).

Entre los minerales se encuentran el fósforo, calcio y hierro. No obstante es poco conocida la biodisponibilidad de estos minerales en el organismo, luego de su ingestión. (Ordoñez, 1991)

Las leguminosas son consideradas también como significativas fuentes de tiamina, riboflavina y niacina, las cuales están localizados principalmente en el germen. El valor nutritivo de las clases de frijol a estudiar, se presentan en el cuadro 1. (Ordoñez, 1991)

Cuadro 1 Composición cruda del frijol negro y blanco en 100 gramos de porción comestible*

COMPONENTE		FRIJOL NEGRO	FRIJOL BLANCO
Agua	%	10.4	11.8
Energía	Kcal	343	338
Proteína total	g	22.7	24.3
Fibra	g	18.37	19
Grasa total	g	1.6	1.9
Carbohidrato	g	61.6	58.5
Cenizas	g	3.7	3.5
Calcio	mg	134	121
Fósforo	mg	415	389
Hierro	mg	7.1	7.4
Tiamina	mg	0.47	0.47
Riboflavina	mg	0.15	0.14
Niacina	mg	2.09	2.01
Vitamina C	mg	1	0
Retinol		2	2
mcg			

*Tomado de Instituto de nutrición de Centro América y Panamá. Tabla de composición de alimentos. 1996

1. Compuestos fenólicos

a. Química de los compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos comprenden una gran cantidad de compuestos químicos que tienen un anillo aromático presente y uno o más grupos hidroxilo con algún número de otros sustituyentes. En el caso de los compuestos fenólicos que comúnmente se encuentran en ciertos cereales, leguminosas y forraje, pueden ser divididos en dos grupos principales :

- Ácidos fenólicos y coumarinas
- Compuestos flavonoides, incluidas las antocianidinas

Ácidos fenólicos y coumarinas : Existen dos familias de ácidos fenólicos que están ampliamente distribuidas en las plantas, los derivados del ácido benzoico sustituido y los derivados del ácido cinámico. Ambos tipos de ácidos fenólicos se presentan usualmente en forma conjugada o esterificada. Las coumarinas poseen la misma configuración del ácido cinámico pero la cadena de tres carbonos se encuentra dentro de un anillo heterocíclico con oxígeno. Están menos distribuidas en semillas y presentan reactividad química limitada.

Compuestos flavonoides: este grupo de compuestos comparten una estructura básica e incluye a la mayoría y al más diverso rango de compuestos fenólicos vegetales. La mayoría de compuestos flavonoides se encuentran como glicósidos, en los cuales la parte aglicona de la molécula está esterificada con algún azúcar. Los flavonoles son únicos ya que no se encuentra como glicósidos, pero muestran reactividad luego de su polimerización a taninos condensados. (Deshpande, 1986).

Los fenoles poliméricos deben ser posteriormente distinguidos en dos grupos: taninos y ligninas. Las ligninas son complejos formados por polimeros tridimensionales de unidades fenilpropano, las cuales se encuentran incrustadas en la pared celular de la celulosa de las plantas superiores, contribuyendo entonces a su fuerza mecánica y rigidez. (Ordoñez, 1991).

Los taninos comprenden un grupo heterogéneo de polifenoles vegetales los cuales son susceptibles de combinarse con proteínas de la piel, dándoles resistencia a la putrefacción, como ocurre en el cuero curtido. (Ordoñez, 1991). Los taninos son una clase de compuestos fenólicos incoloros o tono entre amarillo y café, que de acuerdo con su estructura y reactividad con agentes hidrolíticos, particularmente ácidos, se han dividido en dos grupos: los hidrolizables y los no hidrolizables o condensados. (Baduí, 1993) De

los dos grupos, los taninos condensados están más ampliamente distribuidos en las plantas superiores, son generalmente dímeros de la catequina o de antocianidinas ; algunos de ellos producen color cuando se tratan con ácidos calientes. (Badui, 1993) Los taninos hidrolizables son sustancias poliméricas complejas que a su vez se clasifican en galotaninos, cuando contienen ácido gálico, y elagitaninos, cuando está presente el ácido elágico. (Ordoñez, 1991)

Su peso molecular varía normalmente de 500 a 3,000 daltones ; por su estructura presentan propiedades reductoras y actúan como antioxidante protegiendo a los vinos tintos ; sirven de sustrato en las reacciones de oscurecimiento enzimático, sobre todo en productos como el café y el cacao, y son los responsables de la astringencia de muchos frutos inmaduros, como el plátano, la pera, la uva, etc., debido a que tienen la propiedad de reducir las características de lubricación de la saliva pues precipitan las proteínas y las glucoproteínas que contiene esta. (Badui, 1993)

b. Polifenoles en el frijol

La presencia de polifenoles, cuya función hasta el presente no es bien conocida, es uno de los factores, con los cuales se encuentra muy relacionada la digestibilidad de la proteína en las leguminosas

(Ordoñez, 1991). Existe una relación negativa entre la digestibilidad y el contenido de polifenoles en frijoles crudos y cocidos. (Bressani, 1982)

El frijol común, se caracteriza, al igual que el sorgo, por sus diferencias de color en la testa. El contenido de taninos en el frijol común es de 0.34-0.42% en el blanco, de 0.57-1.15% en el negro y de 0.95-1.29% en el rojo. La variabilidad, en contenido de polifenoles en el frijol blanco es relativamente pequeña, sin embargo es mucho mayor en el frijol negro y rojo (Ordoñez, 1991).

Estudios de digestibilidad *in vivo* indican que el frijol blanco, sin el caldo de cocimiento es más digerible que los otros rojo y negro en las mismas condiciones, y que los rojos tienen menor digestibilidad cuando se adiciona el caldo de cocción a la dieta, disminuye la digestibilidad del frijol rojo y negro, pero no la del blanco. La concentración de taninos en el caldo de los rojos y negros fue mayor que en el de los blancos con lo que se puede asumir tentativamente que los taninos son los responsables de dichos efectos (Elias, 1979).

Cuando el frijol es cocinado para su consumo, se destruyen algunas sustancias antifisiológicas, observándose además que los polifenoles disminuyen entre 30-40% de su cantidad original antes de cocinar (Bressani, 1981), el grado de cambio es variable y hasta el

presente su naturaleza no ha sido explicada. Dichos cambios pueden ser el resultado del enlazamiento de los polifenoles con otras sustancias orgánicas o por la alteración de su estructura química.

2. Fibra dietética

La fibra dietética (FD) se define como el conjunto de aquellas sustancias presentes en los vegetales, que no son digeridos por las enzimas digestivas del ser humano. Este conjunto incluye: celulosa, hemicelulosas, sustancias pécticas, lignina y polisacáridos intracelulares como gomas y mucilagos (Saura-Calixto, 1987).

Spiller la define como la suma de los polisacáridos, lignina, ceras, proteína y otros componentes no digeribles por las secreciones enzimáticas del ser humano (Spiller, 1986).

La definición exacta de fibra dietética se ve dificultada, en primer lugar, debido a la aparente contradicción existente entre la definición generada por la acción fisiológica que la FD pueda tener y aquella definición resultante de la composición química de sus unidades estructurales.

Actualmente se aceptan términos como almidones resistentes y polisacáridos no almidones para identificar los componentes de la fibra dietética. Las propiedades fisicoquímicas que caracterizan a la fibra dietética están asociadas con la variedad de sus componentes, condición

que les confiere diferencias desde el punto de vista fisiológico a las fracciones que la constituyen, de manera muy particular la fracción insoluble es capaz de captar agua hacia la luz intestinal, lo que mejora el proceso de inflamación por acción de la flora bacteriana en el colon, incrementa la velocidad del tránsito intestinal y actúa como antioxidante. (Baduí, 1993)

Es necesario hacer una clara distinción entre la fibra cruda y la fibra dietética. La primera es la que se consigna generalmente en las tablas de composición de los alimentos y que se determina analíticamente sometiendo los productos a un tratamiento en caliente con ácido clorhídrico y posteriormente con hidróxido de sodio; en estas condiciones se pierde una fracción importante de polisacáridos que sí se incluyen en la fibra dietética; es decir, la fibra cruda normalmente es menor que la dietética, ya que esta última representa el contenido total de polímeros antes indicados. (Baduí, 1993)

A grandes rasgos las fibras dietéticas suelen dividirse en estructurales, no estructurales y polisacáridos de algas. Las estructurales forman parte de la pared de la célula vegetal e incluyen ligninas, hemicelulosas, mananos, galactomanos, fructanos, celulosa y algunas pectinas. Las fibras dietéticas no estructurales son secreciones de la célula vegetal e incluyen gomas, mucílagos y muchas pectinas. Entre los polisacáridos de algas figuran el agar, la carragenina y los

alginatos. En términos generales, las fibras dietéticas estructurales suelen ser insolubles y las no estructurales suelen ser solubles. (Casanueva, 2001)

Todos los alimentos de origen vegetal contienen fibra dietética, por supuesto en diferentes concentraciones y con diferente proporción de solubles e insolubles. Las semillas maduras de las leguminosas como el frijol contienen cantidades predominantes de fibra dietética (15 -20%) principalmente insolubles y junto con el almidón (45-60%) constituyen el mayor volumen de los carbohidratos en las leguminosas. (Casanueva, 2001) El contenido de fibra de los frijoles a estudiar se presenta en el cuadro 1.

C. Procesamiento del frijol

El proceso de cocción en las leguminosas es indispensable, debido a la toxicidad que presenta el frijol en forma cruda, pero a la vez podría entrañar modificaciones tales que no permitan que su contenido proteico sea aprovechado en su totalidad. (Acevedo, 1987)

Los fenómenos asociados con los procesos de cocción pueden variar dependiendo de los tiempos, temperaturas y presión a la cual se lleven a cabo.

La cocción destruye en alto porcentaje los factores antinutricionales termolábiles (inhibidores de tripsina) (Durigan, 1987), desnaturalizan la proteína facilitando su posterior digestión y asimilación, gelatinizan el almidón ayudando a su degradación y absorción. Además de ello, la cocción brinda las condiciones organolépticas que hacen que el frijol sea ampliamente aceptado y consumido en los hogares latinoamericanos.

Alrededor de seis métodos son utilizados para el procesamiento de leguminosas. El más común es cocinar con agua, usando el grano entero o sin cáscara. Puede hacerse a presión atmosférica o bajo presión, con o sin un previo remojo del grano. El cocimiento puede ser conducido bajo condiciones secas, a una temperatura alta por un corto tiempo por medio de la extrusión o por el calentamiento entre sólido y sólido. Otros métodos incluyen la germinación y fermentación, *dehulling* y el moler y mas recientemente la irradiación. (Bressani, R. 1993)

El método mas común de preparar los frijoles de consumo, así como muchas mas leguminosas, es por medio de cocción en exceso de agua, la cual ayuda a la hidratación de los frijoles. Esto puede hacerse a presión atmosférica o con olla de presión. El cocimiento de los frijoles puede hacerse sin remojo previo, es decir, en forma completamente secos, frijoles remojados o frijoles sin cáscara. Un estudio en Guatemala refleja que únicamente entre un 7% a 17% de los hogares argumentan que usan el tratamiento de remojar el frijol antes de su cocción (Bressani, R. 1993)

Otro método para preparar frijoles es el método de extrusión. De la harina resultante pueden prepararse sopas, frijoles fritos con la adición de grasa y otros productos. El proceso de extrusión puede mejorar la calidad de la proteína de las legumbres, esta puede estar sola o en una mezcla con varios granos. (Bressani, R. 1993)

En algunas situaciones específicas, se adiciona sal. Una mezcla de carbonato de sodio y bicarbonato. La sal es también utilizada para la preparación de frijoles de cocimiento rápido, al remojar los frijoles en una solución con sal. El objetivo en el proceso es hacer suave al frijol para el consumo y para que se reduzca el tiempo necesario para la activación de la suavidad en el frijol. (Bressani, R. 1993)

Otro procedimiento utilizado es cocinar frijoles licuados fritos con aceites. Los frijoles fritos pueden ser preparados de frijoles cultivados en el suelo, de polvo de frijol o de frijoles de preparación rápida. (Bressani, R. 1993)

D. Glicemia

1. Definición

La glucosa es el principal monosacárido de la sangre y una fuente importante de energía para los organismos vivos; abunda en frutas, maíz dulce, jarabe de maíz, miel y algunas raíces.

La concentración de la glucosa en sangre (*glucemia*) se conserva dentro de los límites normales, de 70 a 100 mg/100 ml en ayuno. (Krause,1993)

2. Regulación de la glicemia

Entre los procesos que afectan la concentración de glucosa en sangre se encuentran, la absorción intestinal (alimentos), glucogenólisis (hígado), gluconeogénesis (hígado) y glucosa de otras sustancias (ácido láctico, aminoácidos, etc.). Entre los procesos que disminuyen glucosa de la sangre se encuentran, la oxidación tisular para transmisión de energía, glucogénesis en hígado y músculo, lipogénesis para almacenamiento en depósitos de grasa, síntesis de lactosa, glucolípidos, ácidos nucleicos, mucopolisacaridos, etc., glucosuria (normalmente unos 170 mg/100 ml) (Krause, 1993)

Es importante mantener constante la glucemia por varias razones: la glucosa es el único nutriente que puede ser utilizado por el encéfalo, la retina y el epitelio germinativo, por tanto es importante mantener la concentración sanguínea en un valor normal para asegurar esta nutrición necesaria. (Guyton, 1997)

Más de la mitad de toda la glucosa formada por gluconeogénesis durante el periodo interdigestivo se emplea en el metabolismo del encéfalo. Por otra parte, también es importante que la glucemia no se eleve demasiado

En una persona con un metabolismo normal de glucosa, que no ha ingerido alimentos entre tres y cuatro horas, la cantidad de glucosa en sangre oscila alrededor de 90 mg/100 ml. Rara vez pasa de 140 mg/100 ml, aun después de una comida que contenga grandes cantidades de carbohidratos, a menos que exista una situación de diabetes mellitus. (Guyton, 1997)

E. Respuesta glicémica

La disponibilidad de autovigilar la glucemia ha permitido valorar la respuesta glicémica a alimentos individuales y sus combinaciones. Los resultados sugieren que el índice de digestión, absorción y metabolismo de los carbohidratos puede ser tan importante como la cantidad real que se consume. Este índice depende de la forma del alimento (elaborado como puré o no elaborado como puré, crudo o cocido), procesamiento, presencia de antinutrientes (fitatos, taninos y lectinas), cantidad y tipo del contenido de fibra (soluble comparada con insoluble) (Jenkins, 1978) y combinación

de nutrientes en la comida (carbohidratos solos o con grasa) (Krause, 1993).

Todos los almidones (carbohidratos complejos) en cantidades iguales no producen el mismo incremento de la glucemia, y los azúcares (carbohidratos simples) no necesariamente aumentan más la glicemia que los almidones (Jenkins, 1984). Incluso se ha evidenciado que la adición de sal a una comida aumenta la respuesta glicémica (Thorburn y col., 1986).

F. Factores que afectan la respuesta glicémica

1. Fibra dietética

Los componentes de la fibra alimentaria pueden clasificarse por sus propiedades físicas y acciones fisiológicas como fibra soluble y fibra insoluble. La fibra insoluble constituye una parte muy pequeña de la dieta y se encuentra principalmente en frutos con cáscaras y semillas comestibles.

Las fibras solubles se encuentran principalmente en frutas, vegetales, hojuelas de salvado, cebada y legumbres. Tienen gran influencia en fenómenos del tubo digestivo, retrasan el vaciamiento gástrico y disminuyen el ritmo de digestión y absorción de nutrientes. (Krause, 1993). A la fibra soluble se le atribuye mejorar

el control de la glucemia, se cree que es debido a que hace más lento el vaciamiento gástrico.

Alimentos altos en fibra mostraron una baja respuesta de glucosa en sangre, posiblemente debido al aumento del tiempo de tránsito intestinal y retrasando así la absorción de glucosa (Thorne, 1983).

Algunas teorías del efecto hipoglicémico de la fibra dietética son : 1)La FD puede retardar la digestión de polisacáridos en el estomago; 2)La FD puede retardar la velocidad de paso del contenido estomacal al duodeno; 3)La FD puede disminuir la velocidad de difusión de varios sacáridos en el intestino delgado; 4)La FD puede disminuir la velocidad de hidrólisis de los polisacáridos en la parte alta del intestino delgado; y 5)La FD puede disminuir la velocidad de absorción de los monosacáridos a través de los microvellos y las células epiteliales del yeyuno e íleon (Nishimune, 1991).

Otros factores, además de la fibra dietética, pueden afectar la digestión y respuesta glicémica de los carbohidratos. Entre estos factores se incluyen la presencia de una interacción entre carbohidrato y proteína, antinutrientes, método y tiempo de cocción, forma física y la naturaleza de los carbohidratos. (Thorne, 1983)

2. Naturaleza de los almidones

La naturaleza del almidón, en los alimentos que contienen carbohidratos, es de suma importancia cuando se considera la respuesta glicémica que el alimento va a producir. Los almidones altos en amilopectina han demostrado que se digieren más rápido que los almidones altos en amilosa, según un estudio en ratas.

Las legumbres contienen entre 30% a 40% de amilosa y 60% a 70% de amilopectina en sus gránulos de carbohidratos, mientras la mayoría de los alimentos que contienen carbohidratos tienen 25% a 30% de amilosa y 70 a 75% de amilopectina. La amilopectina es una molécula más grande, tiene una superficie de área más extensa y más peso molecular que la amilosa. Además las cadenas de glucosa en la amilosa están más unidos entre sí por enlaces de hidrógeno haciéndolos menos disponibles al ataque enzimático que la amilopectina, la cual tiene muchas cadenas ramificadas de glucosa (Thorne, 1983).

3. Interacción entre proteína y almidón

Es posible que exista una interacción entre la proteína y el almidón y que esto influya en la digestibilidad y en la respuesta glicémica a los carbohidratos. Diversos estudios han mostrado que si se remueve la proteína encontrada en la harina se reduce la

cantidad de carbohidrato mal absorbido por lo que se disocia el complejo de proteína y almidón y se incrementa la digestibilidad. (Thorne, 1983)

4. Antinutrientes

Los antinutrientes pueden afectar la digestibilidad del almidón y la respuesta glicémica. Entre los antinutrientes de interés se incluyen inhibidores enzimáticos, fitatos y posiblemente lectinas. Los inhibidores enzimáticos y las lectinas han demostrado que producen hipoglicemia. Por otro lado se ha demostrado que la digestión del almidón puede ser inhibida por los antinutrientes en el tracto gastrointestinal. Algunos inhibidores de amilasa disminuyeron la absorción de glucosa. A pesar de que algunos inhibidores enzimáticos se pueden inhibir por tratamientos térmicos, el inhibidor de amilasa de la harina puede soportar el cocimiento del pan. Es por esto que la digestibilidad de alimentos cocinados se vea afectada por los antinutrientes que sobreviven las altas temperaturas del proceso de cocción. (Thorne, 1983).

La ingesta de lectina y ácido fítico han demostrado tener una correlación negativa con la respuesta glicémica en la sangre (Yoon, 1983). Según Thompson son los polifenoles poliméricos (taninos

condensados) quienes muestran la correlación más grande con la respuesta glicémica (Thompson et al., 1983). El mecanismo responsable de la relación negativa entre los polifenoles y el índice glicémico no es claro, sin embargo esto puede suceder por una interacción directa entre el almidón y los polifenoles (Thompson, 1983).

5. Método de cocción

Las plantas crudas han demostrado que producen una respuesta glicémica más baja que cuando se han sometido al proceso de cocción. El tipo y el tiempo de cocción influyen en la digestibilidad de los carbohidratos. Jenkins demostró que las lentejas rojas cocinadas en un horno tibio por 12 horas aumentaron la respuesta glicémica comparada con la respuesta glicémica de las lentejas llevadas a ebullición por 20 minutos (Jenkins, et al. 1982). La forma física de los alimentos influye en la glicemia posprandial. Aparentemente mientras el alimento sea más procesado, la respuesta glicémica es más alta. Sin embargo, Jenkins y colaboradores encontraron que las lentejas cocinadas y licuadas produjeron la misma respuesta glicémica que las lentejas sin licuar (Thorne, 1983).

G. Índice glicémico

Para medir la respuesta glicémica se ha establecido un índice glicémico para muchos alimentos, según el aumento de la glucemia después de su ingestión, comparado con un estándar definido, como el aumento de la glucemia después de ingerir pan blanco o glucosa (Jenkins, 1984). El índice glicémico de los alimentos, es decir la relación de la respuesta glicémica (el área de elevación de glucosa por el tiempo) a una porción de alimentos conteniendo 50 gr. de carbohidrato disponible comparado con la respuesta glicémica de una porción equivalente de carbohidratos en el pan blanco o en la glucosa (Trout, 1993). El cuadro 2 describe el índice glicémico de algunos alimentos comunes.

1. Metodología para calcular el índice glicémico

Las porciones de los alimentos a evaluar y el pan blanco deben contener 50 gramos de carbohidratos disponible. Estas raciones son ingeridas por los sujetos después de una noche de ayuno. Para reducir la variabilidad, el alimento estándar (pan blanco) debe repetirse tres veces por cada sujeto. Se toman muestras de sangre de los sujetos a los 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos después de ingerido el alimento. El área bajo la curva de la respuesta glicémica

se expresa como la media de la respuesta a la ingestión del alimento estándar del mismo sujeto, y los valores resultantes se promedian para obtener el índice glicémico del alimento (Wolever, 1991).

Cuadro 2 Índice glicémico de alimentos seleccionados*

Alimento	GI medio [■] ○
Pan blanco	100
Espagueti blanco (hervido 5 min.)	45
Arroz blanco (hervido 5 min.)	79 ± 5
Maíz dulce	80 ± 4
<i>Corn flakes</i>	115 ± 4
Patata, puré	100
Patata, dulce	128
Habichuelas, en riñón	45 ± 11
Ejotes	65
Banano	84 ± 7
Jugo de naranja	67
Leche descremada	46

*Tomado de Mahan K. y Arlin, M: Krause Nutrición y Dietoterapia, 1993

■ Estos valores son los medios tomados de varios estudios de diabéticos y de personas no diabéticas

○ Índice glicémico medio de los alimentos ajustado de manera que el GI del pan blanco = 100

2. Tamaño de la porción

El tamaño de la porción tiene un gran efecto en el índice glicémico ya que la respuesta glicémica está relacionada con la carga de carbohidrato.(Jenkins,1981). Para causar un índice glicémico intermedio se utiliza una porción de 50 gramos de carbohidrato disponible, sin embargo esta dosis puede ser de 100 gramos. Es

importante tomar en cuenta que los alimentos deben pesarse en seco, pues el contenido de agua al cocinarse puede alterar los resultados.

3. El alimento estándar

Originalmente el índice glicémico (*Glycemic index GI*), se basó en 50 gramos de glucosa, es decir GI_g en donde el valor de GI_g de la glucosa = 100 (Jenkins, 1981). Sin embargo luego se sugirió que se utilizara el pan blanco como el estándar, ya que la glucosa es excesivamente dulce y por su efecto osmótico puede retrasar el vaciamiento gástrico. El GI del pan blanco (*white bread*) sería entonces GI_{wb} = 100. (Wolever, 1991). Otra ventaja del pan blanco sobre la glucosa es que el primero estimula más la insulina en respuesta a la glucosa sanguínea (Bornet, 1987).

4. Número de muestras

Para reducir la variabilidad del índice glicémico se ha sugerido que cada sujeto realice al menos tres pruebas con el alimento estándar y de este modo con la media de estas pruebas se calcule el valor del índice glicémico estándar que se utilizará con otros alimentos. Se utiliza una lanceta para extraer una gota de sangre del

dedo índice del sujeto para luego someter la muestra a un análisis usando el método de glucosa hexoquinasa por medio de un glucómetro. (Wolever, 1991)

5. Duración del muestreo de sangre

El índice glicémico es calculado con base en el área bajo la curva de la respuesta glicémica, se ignora el área por debajo de la línea base. Por lo tanto, las mediciones de glucosa en sangre deben continuar hasta que la respuesta retorne a la línea base. (Wolever, 1991)

6. Muestra de sangre

El índice glicémico se basa en la medición de la respuesta glicémica en la sangre capilar ya que es un método simple y no invasivo. La respuesta glicémica en la sangre capilar es mayor que en la sangre venosa o plasmática, es por esto que permite detectar pequeñas diferencias en las respuestas glicémicas en diferentes alimentos. (Wolever, 1991)

7. Cálculo del área bajo la curva

Se han utilizado varios métodos para calcular el área bajo la curva de la respuesta glicémica. Los distintos métodos pueden dar

resultados y valores de índice glicémico diferentes a pesar de utilizar el mismo dato de glucosa en sangre. El índice glicémico debe basarse únicamente en el calculo del área bajo la curva sobre la línea base (Wolever, 1986). La formula es como sigue :

$$\frac{A}{2}t + \frac{A+B}{2}t + \frac{(B-A)}{2}t + Bt + \frac{(C-B)}{2}t + Ct + \frac{(D-C)}{2}t + Dt + \frac{(E-D)}{2}t \dots \text{etc.}$$

en donde A,B,C,D y E representan incrementos positivos de glucosa en sangre; t es el intervalo de tiempo entre las muestras. Si el incremento de glucosa en sangre D es positivo y el incremento E es negativo, se toma únicamente el área entre D y E que se encuentre por encima de la línea base. Si el valor de E ocurre t minutos después del valor D y si al dibujar una línea entre los puntos ésta toca la línea base en el tiempo T, en donde $T < t$, entonces el área por debajo de la curva entre D y E será $DT/2$. Porque $T/t = D/(D + |E|)$, entonces $DT/2 = D^2t/2(D + |E|)$. La ecuación general se simplifica a :

$$\text{Área} = (A + B + C + D/2)t + D^2t/2(D + |E|)$$

(Wolever,1991)

8. Características de los sujetos

Las características de los sujetos parecen no tener efectos en los valores del índice glicémico en alimentos, excepto por un pequeño

incremento (aproximadamente de 5) cuando se comparan sujetos con Diabetes Mellitus dependientes de insulina contra sujetos con Diabetes Mellitus no dependientes de insulina. (Wolever, 1991)

9. Utilidad clínica del índice glicémico

a. Consistencia de los valores a través del tiempo y el espacio

La variabilidad de los valores del índice glicémico puestos a prueba en diferentes partes del mundo se debe principalmente a diferencias en la metodología utilizada y a diferencias en el tamaño de la porción, procesamiento, tipo de cocción, almacenamiento, contenido de antinutrientes e interacciones entre nutriente y nutriente. (Wolever, 1991)

b. Efectos terapéuticos en dietas con índice glicémico bajo

Una dieta cuyos alimentos tengan índices glicémicos bajos y en la cual no se altere el contenido de macronutrientes y de fibra, presenta reducciones significantes en la concentración de glucosa tanto en sujetos normales como en sujetos con Diabetes Mellitus (Jenkins, 1987). A pesar de que estas dietas no causan efectos en sujetos con niveles sanguíneos normales de colesterol y lípidos, se observó una reducción en aproximadamente 12 pacientes con

triglicéridos y una reducción del 9% en colesterol (Wolever, 1991). Jenkins encontró que la reducción del índice glicémico en la dieta de 12 pacientes con hiperlipidemia durante un mes, resultó en una reducción significativa en el colesterol total y triglicéridos (Jenkins et al., 1985). El índice glicémico puede tener implicaciones en sujetos sin diabetes y con lípidos normales, ya que una dieta con índice glicémico bajo puede inducir una mayor saciedad (Jenkins, 1986) y puede prolongar la resistencia en atletas de alto rendimiento. (Wolever, 1991)

H. Índice glicémico en las leguminosas

Se ha sugerido anteriormente que varios factores pueden afectar la respuesta glicémica. Las leguminosas en particular son de gran interés ya que contienen muchos de estos factores que influyen en la digestión de los almidones. Las leguminosas han demostrado producir una disminución de la respuesta glicémica comparado con otros alimentos altos en fibra como el pan blanco (Jenkins, 1980 y 1981). También han demostrado liberar sus productos de la digestión a una velocidad más baja que los cereales (Jenkins, 1980).

Debido al contenido de macronutrientes y micronutrientes en las leguminosas, éstas se pueden utilizar para ilustrar varios de los factores

antes mencionados en relación a la respuesta glicémica. Por ejemplo, las leguminosas contienen de 5 - 10% más amilosa que los cereales. Este contenido alto de amilosa ha demostrado que causa una digestión más lenta que aquellos alimentos ricos en amilopectina (Thorne, 1983), la naturaleza del almidón en las semillas leguminosas influyen en su digestibilidad.

Por otro lado, las leguminosas contienen el doble de proteína que los cereales (Thorne, 1983), lo que ha demostrado que afecta la digestibilidad del almidón (Thorne, 1983). Posiblemente una interacción entre proteína y almidón sea la responsable de una disminución en la respuesta glicémica.

Las leguminosas son una fuente abundante de antinutrientes (Thorne, 1983). Contienen inhibidores enzimáticos, lectinas, saponinas, fitatos y taninos. La alta concentración de polifenoles en las leguminosas puede ser la responsable de la respuesta glicémica baja en comparación con la de los cereales (Thompson, 1983).

La forma física también puede afectar la digestibilidad de las leguminosas. Las semillas grandes como el frijol, requieren de un mayor tiempo de cocción que una semilla pequeña como las lentejas. Se requiere más tiempo para que el agua y el calor penetren en las semillas grandes y produzcan la gelatinización del almidón. La cáscara limita también la gelatinización del almidón y el hinchamiento de los granos. La molienda de

los granos crudos y su cocción posterior, destruirá la cascara de la semilla incrementando el grado de gelatinización, lo que provocará un aumento en la respuesta glicémica. (Thorne, 1983)

III. JUSTIFICACIÓN

Una meta primaria de la terapia nutricional en todos los pacientes con diabetes, es el mantenimiento de niveles de glicemia normales. Una de las recomendaciones de los regímenes de dieta debe ser un aumento en la ingestión de carbohidratos con abundante fibra soluble o con bajo índice glicémico. El procedimiento que se utiliza más ampliamente para calcular una dieta para diabéticos se basa en un sistema de listas de intercambios, el cual organiza los alimentos en grupos con base en su contenido de carbohidratos, proteínas y grasas. Hasta la fecha no se han agrupado los alimentos en cuanto a su contenido de fibra o índice glicémico.

Para hacer una clasificación sistemática de los alimentos de acuerdo al índice glicémico, primero se debe establecer el índice glicémico de alimentos individuales, lo que permitiría incorporar a la dieta de diabéticos, alimentos que mantengan el impacto glicémico constante.

El conocimiento del índice glicémico del frijol es de vital importancia para nuestro país, ya que permitiría con mayor propiedad incorporar a la dieta de los diabéticos este alimento, que en la población en general constituye un alimento de alto consumo.

Este estudio pretende establecer el índice glicémico del frijol negro y blanco, evaluado en individuos sanos. Comparar dichos valores y

determinar si la cantidad de polifenoles contenidos en dicho alimento afecta la respuesta glicémica en los individuos. El conocimiento de estos valores sería de gran utilidad para determinar si se puede incluir en la dieta de las personas que padecen de diabetes, como una alternativa de alimento rico en fibra y con respuesta glicémica conocida y por lo tanto, controlada.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo General

Determinar en individuos sanos, la respuesta glicémica del frijol (*Phaseolus vulgaris*) negro y blanco, cocinados por método de presión y preparados en forma de puré.

B. Objetivos específicos

- Establecer y comparar el índice glicémico del frijol negro y blanco.
- Determinar el efecto del contenido de polifenoles del frijol negro y blanco sobre el índice glicémico.

V. HIPÓTESIS

La respuesta glicémica del frijol negro y blanco está influenciada por el contenido de polifenoles.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales

1. Sujetos : La muestra estuvo constituida por 10 voluntarios sanos (ver el consentimiento de los participantes en el apéndice 1) con una tolerancia normal a la glucosa. Las edades de los sujetos oscilaban entre los 19 y 35 años, con un índice de masa corporal (IMC) normal (entre 18-25).
 $IMC = \text{Peso en Kg} / \text{altura en (m)}^2$.

2. Alimentos

- Frijol negro
- Frijol blanco
- Pan blanco

1. Utensilios y equipo

- Materiales de cocina
- Olla de presión
- Material para envasado
- Material de laboratorio
- Licuadora
- Equipo de glucómetro Prestige Smart System™ Home Diagnostics, Inc.

B. Métodos

1. Tecnológicos :

- a. Preparación del frijol : El frijol se sometió a cocimiento en olla de presión sin previo remojo. Se colocaron tres partes de agua por una parte de frijol y se añadió sal, cebolla y apazote como saborizantes. Después de su cocimiento, se licuó y se tomó una muestra para evaluar sus características químicas, humedad, cenizas, proteína, grasa, carbohidratos, fibra dietética y polifenoles.
- b. Envasado : Se envasaron al vacío las diez muestras de frijol blanco y las diez muestras de frijol negro para lo cual se utilizaron frascos de vidrio previamente esterilizados. El contenido de frijol en cada frasco, es decir la muestra, se calculó teniendo en cuenta que cada una debía tener 50 gramos de carbohidrato disponible. La cantidad de frijol que contenía esta cantidad de carbohidratos se estableció después de realizar el análisis proximal en cada uno de los frijoles.
- c. Congelado : Cada una de las muestras se llevaron a temperaturas de congelamiento con el fin de conservarlas hasta el momento de su utilización.
- d. Calentamiento : Las muestras se descongelaron y calentaron en baño de María previamente a su utilización.

2. Químicos

Para los análisis químicos se obtuvieron 2 muestras de cada frijol, cada una con 50 gr. de frijol previamente molido. Para el pan blanco no se realizaron análisis químicos, estas características se tomaron de la tabla de composición de alimentos.

- a. Determinación de humedad: Se realizó según la sección 7.003 (AOAC, 1996).
- b. Determinación de cenizas (Caultable, 1990)
- c. Determinación de proteína: Se realizó por el método de Kjeldahl sección 2.058 (AOAC 1996).
- d. Determinación de grasa: Se realizó por el método de Soxlet sección 7.061 (AOAC 1996).
- e. Determinación de fibra dietética: Se realizó por el método enzimático sección 985.29 (AOAC 1990).
- f. Determinación de polifenoles: Se realizó por el método de Vainillina (Price, M.. 1978).
- g. Determinación de carbohidratos por diferencia.

3. Experimental

Las personas participantes ingirieron las porciones de frijol conteniendo 50 gramos de carbohidrato disponible, después de 10 horas de ayuno. Los sujetos tuvieron una semana de intervalo entre cada muestra la cual debían ingerir entre 10 y 15 minutos. Como alimento estándar los individuos ingirieron pan blanco (50 gramos de carbohidrato según lo indicado en la etiqueta nutricional). Los cálculos indicaron que cada

individuo debía comer 79.3 gramos de frijol blanco en peso seco (aproximadamente 80 gramos) y 76.68 gramos de frijol negro en peso seco (aproximadamente 77 gramos). Se tomaron muestras de sangre capilar de un piquete de la yema del dedo a los 0, 15, 30, 60, 90 y 120 minutos después de ingerido el alimento. Los valores de glicemia se leyeron por medio de un glucómetro Prestige Smart System^{PM}. Las manos estuvieron sumergidas en agua a 45°C durante 2 minutos antes de realizar las punciones.

4. Estadístico :

Se calcularon las áreas por debajo de la curva de la respuesta glicémica en dos horas, los resultado se presentan como la media \pm error estándar. La diferencia significativa entre las muestras se analizó por medio de la prueba de *t* de student a una significancia de 0.05, ésta prueba consiste en la comparación de medias para establecer diferencia significativa con una confianza del 95%. Se calcularon también las correlaciones entre variables a una significancia de 0.05. La correlación es una prueba estadística que muestra la asociación entre dos variables con una confianza del 95%

VII. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos mediante la metodología expuesta en la sección anterior.

A. Análisis químicos en frijol crudo

A continuación se presentan los análisis químicos realizados en los frijoles negro y blanco en crudo, para obtener los gramos de carbohidratos necesarios para el cálculo del índice glicémico.

1. Contenido de agua

El contenido de agua en los frijoles blanco y negro se presenta en el cuadro No. 3. Se puede observar que el frijol blanco posee un porcentaje levemente mayor en comparación con el frijol negro.

Cuadro No. 3 Contenido de humedad en frijol crudo

MUESTRA	FRIJOL BLANCO (%)	FRIJOL NEGRO (%)
1	10.5	9.70
2	10.44	9.83
MEDIA	10.47	9.76
Desv. Std	0.042	0.091

2. Contenido de cenizas

En el cuadro No. 4 se presentan los resultados del contenido de cenizas realizados en ambos frijoles, se observa que el frijol negro tiene mayor cantidad de cenizas que el frijol blanco.

Cuadro No. 4 Contenido de cenizas en frijol crudo

MUESTRA	FRIJOL BLANCO (%)	FRIJOL NEGRO (%)
1	3.75	3.99
2	3.70	3.58
MEDIA	3.72	3.78
Desv. Std	0.035	0.285

3. Contenido de proteína

Los análisis mostraron mayor cantidad de proteína en el frijol blanco en relación al frijol negro, como se describe en el cuadro no.5.

Cuadro No. 5 Contenido de proteína en frijol crudo

MUESTRA	FRIJOL BLANCO (%)	FRIJOL NEGRO (%)
1	21.20	19.28
2	22.11	20.16
MEDIA	21.66	19.72
Desv. Std	0.643	0.622

4. Contenido de grasa

El cuadro No. 6 Presenta el contenido de grasa en ambas variedades. El frijol blanco tiene un porcentaje de grasa mayor.

Cuadro No. 6 Contenido de grasa en frijol crudo

MUESTRA	FRIJOL BLANCO (%)	FRIJOL NEGRO (%)
1	1.37	1.15
2	1.39	1.12
MEDIA	1.38	1.13
Desv. Std	0.007	0.021

5. Contenido de fibra

En el cuadro No. 7, se puede observar que el frijol blanco posee menos fibra que el frijol negro.

Cuadro No. 7 Contenido de fibra dietética en frijol crudo

MUESTRA	FRIJOL BLANCO (%)	FRIJOL NEGRO (%)
1	21.07	22.95
2	23.39	23.12
MEDIA	22.23	23.03
Desv. Std	1.64	0.120

6. Contenido de carbohidratos

La cantidad de carbohidratos fue calculada por diferencia, el contenido de carbohidratos en ambos frijoles se presenta en el cuadro No. 8

Cuadro No. 8 Contenido de carbohidratos en frijol crudo

MUESTRA	FRIJOL BLANCO (%)	FRIJOL NEGRO (%)
1	63.18	65.28
2	63.36	65.31
MEDIA	63.27	65.29
Desv. Std	0.127	0.021

B. Consumo de frijol para la prueba

Teniendo el contenido de carbohidratos en ambos frijoles se procedió a calcular la cantidad de frijoles que los sujetos debían comer para ingerir los 50 gramos de carbohidratos que indica la metodología. Los cálculos indicaron que cada individuo debía comer 79.30 gramos de frijol blanco en peso seco (aproximadamente 80 gramos) y 76.68 gramos de frijol negro en peso seco (aproximadamente 77gramos).

C. Análisis químico en frijol cocido

Como se especificó en la metodología los frijoles se cocieron bajo 15 libras de presión por 25 minutos y se licuaron por lo que fue necesario establecer la cantidad de frijol licuado que se debía poner en cada muestra para obtener los 79.30 y 76.68 gramos de frijol blanco y negro respectivamente.

1. Contenido de humedad

El contenido de humedad de los frijoles cocidos y licuados se presenta en el cuadro no. 9

Cuadro No. 9 Contenido de humedad en los frijoles cocidos

MUESTRA	FRIJOL BLANCO (%)	FRIJOL NEGRO (%)
1	73.61	71.55
2	73.33	71.81
MEDIA	73.47	71.68
Desv. Std	0.197	0.183

2. Contenido de ceniza

El contenido de cenizas en ambos tipos de frijol se describe en el Cuadro no. 10. , se observa que el frijol negro tiene más cenizas que el frijol blanco.

Cuadro No. 10 Contenido de cenizas en frijol cocido

MUESTRA	FRIJOL BLANCO (%)	FRIJOL NEGRO (%)
1	3.72	3.74
2	3.70	3.72
MEDIA	3.71	3.73
Desv. Std	0.02	0.02

3. Contenido de proteína

El contenido de proteína se presenta en el Cuadro No. 11

Cuadro No. 11 Contenido de proteína en frijol cocido

MUESTRA	FRIJOL BLANCO (%)	FRIJOL NEGRO (%)
1	23.15	21.08
2	22.7	20.82
MEDIA	22.9	20.95
Desv. Std	0.3182	0.1838

En el cuadro No. 12 se observan los resultados de la grasa en el frijol blanco y frijol negro. El frijol blanco tiene un porcentaje de grasa mayor que el frijol negro.

Cuadro No. 12 Contenido de grasa en frijol cocido

MUESTRA	FRIJOL BLANCO (%)	FRIJOL NEGRO (%)
1	1.36	1.16
2	1.39	1.13
MEDIA	1.375	1.145
Desv. Std	0.021	0.021

5. Contenido de fibra

El contenido de fibra dietética del frijol blanco y el frijol negro se presenta en el cuadro No. 13, en donde se puede observar que el frijol blanco posee más fibra que el frijol negro.

Cuadro No. 13 Contenido de fibra dietética en frijol cocido

MUESTRA	FRIJOL BLANCO (%)	FRIJOL NEGRO (%)
1	23.78	23.84
2	23.40	24.19
MEDIA	23.59	24.02
Desv. Std	0.269	0.248

6. Contenido de carbohidratos

Los carbohidratos se calcularon por diferencia, el contenido de carbohidratos en ambos frijoles, se presenta en el cuadro No. 14

Cuadro No. 14 Contenido de carbohidratos en frijol cocido

MUESTRA	FRIJOL BLANCO (%)	FRIJOL NEGRO (%)
1	61.24	64.48
2	61.77	63.63
MEDIA	61.51	64.05
Desv. Std	0.375	0.601

Se presenta a continuación en el cuadro no. 15 un cuadro resumen de el análisis proximal del frijol blanco y frijol negro, tanto en crudo como en cocido.

Cuadro No. 15 Análisis proximal en crudo y cocido de los frijoles blanco y negro

	Frijol blanco		Frijol negro	
	Crudo(%)	Cocido(%)	Crudo(%)	Cocido(%)
Humedad	10.47 ± 0.042	73.47 ± 0.19	9.76 ± 0.091	71.68 ± 0.18
Cenizas	3.72 ± 0.035	3.71 ± 0.02*	3.78 ± 0.285	3.73 ± 0.02'
Grasa	1.38 ± 0.01	1.38 ± 0.02'	1.13 ± 0.02	1.14 ± 0.02'
Proteína	21.66 ± 0.64	22.9 ± 0.31*	19.72 ± 0.62	20.95 ± 0.18'
Carbohidrato	63.27 ± 0.13	61.51 ± 0.37*	65.29 ± 0.02	64.05 ± 0.60'

*Porcentaje tomado en base seca

C. Contenido de polifenoles

Finalmente se determinó el contenido de polifenoles por medio del método de Vainillina cuyos resultados aparecen en el cuadro no. 16. Se observa claramente que el frijol negro tiene un mayor porcentaje de polifenoles que el frijol blanco. Así mismo se utilizó la prueba *t de student* para determinar diferencia significativa entre las muestras, siendo para un grado de libertad y valor *t* de 6.31, a un nivel de significancia de 0.05, la prueba *t* para probar diferencia entre los frijoles blanco y negro fue de 11.72. Con lo que se concluye que la diferencia es significativa.

Cuadro No. 16 Contenido de polifenoles en frijol cocido

MUESTRA	FRIJOL BLANCO (%)	FRIJOL NEGRO (%)
1	0.29	0.89
2	0.30	0.99
MEDIA	0.295	0.94
Desv. Std	0.007	0.071

Después de conocer el contenido de humedad de las muestras se calculó entonces que los individuos debían ingerir 290 gramos de frijol blanco cocidos y licuados y 285 gramos de frijol negro. Las cantidades antes mencionadas de frijoles se envasaron al vacío en frascos de vidrio y posteriormente se congelaron hasta su utilización.

D. Características generales de los participantes

Los individuos participantes ingirieron las muestras de frijoles antes mencionadas, las cuales contenían los 50 gramos de carbohidratos que se requerían para establecer la curva de respuesta glicémica y el índice glicémico, siguiendo la metodología descrita con anterioridad. Las características de los individuos que participaron en el estudio se presentan en el cuadro No. 17.

Cuadro No. 17 Características de los individuos participantes

Individuo	Sexo	Edad	Peso (Kg.)	Altura(m)	IMC (Kg/m ²)
1	Hembra	18	58.63	1.74	19.36
2	Hembra	19	63.63	1.63	23.96
3	Hembra	25	52.72	1.60	20.59
4	Hembra	24	50.00	1.65	18.36
5	Varón	27	68.18	1.63	23.96
6	Varón	28	75.00	1.72	25.00
7	Hembra	28	56.36	1.62	21.47
8	Varón	20	65.90	1.72	22.47
9	Varón	25	72.72	1.74	24.01
10	Varón	26	79.00	1.78	25.00

Es importante destacar que los participantes manifestaron dificultad en la ingestión de la muestra de ambos frijoles en el tiempo requerido (15 minutos) debido al gran volumen de las muestras. Sin embargo, a pesar de ello, la totalidad de los individuos ingirieron la muestra completa en el tiempo estipulado.

E. Respuesta glicémica

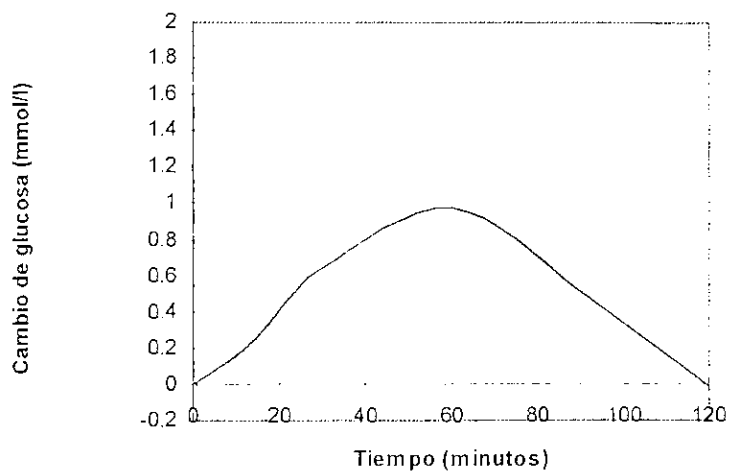
Los resultados de las respuestas glicémicas del frijol blanco y negro se presentan en el cuadro no. 18 y cuadro no. 19 respectivamente, así mismo se presentan los cambios de glucosa en sangre después de haber ingerido las muestras de frijol, los cuales se pueden ver también en las gráficas 1 y 2, los resultados se presentan como las medias mas o menos el error estándar, a los 0, 15, 30 60 90 y 120 minutos.

Cuadro no. 18 Respuesta glicémica del frijol blanco y cambio de la concentración de glucosa en sangre

Tiempo (minutos)	Respuesta glicémica (mmol/l)	Cambio de glucosa (mmol/l)
0	4.54 ± 0.66	0
15	4.80 ± 0.63	0.26 ± 0.03
30	5.18 ± 0.70	0.64 ± 0.07
60	5.51 ± 0.60	0.97 ± 0.09
90	5.05 ± 0.42	0.51 ± 0.18
120	4.53 ± 0.53	- 0.01 ± 0.1

Gráfica No. 1

Cambio de concentración de glucosa en sangre después de la ingestión de frijol blanco

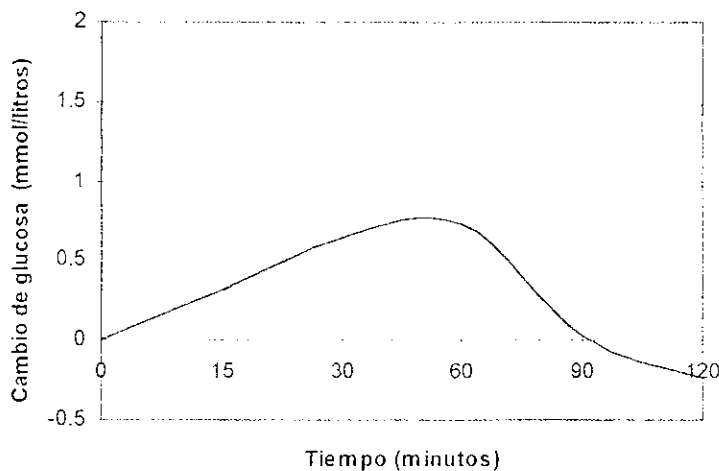


Cuadro no. 19 Respuesta glicémica del frijol negro y cambio de la concentración de glucosa en sangre

Tiempo (minutos)	Respuesta glicémica (mmol/l)	Cambio de glucosa (mmol/l)
0	4.43 ± 0.22	0
15	4.75 ± 0.26	0.32 ± 0.03
30	5.07 ± 0.45	0.64 ± 0.21
60	5.16 ± 0.57	0.73 ± 0.34
90	4.46 ± 0.35	0.03 ± 0.01
120	4.20 ± 0.37	- 0.23 ± 0.14

Gráfica No. 2

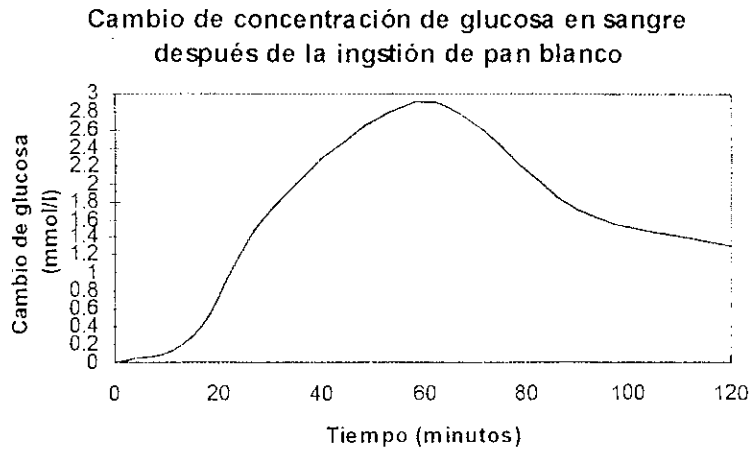
Cambio de la concentración de glucosa en sangre después de la ingestión de frijol negro



Se presentan en el cuadro no. 20 los resultados de las respuestas glicémicas del alimento estándar que en este caso es el pan blanco así como los cambios de la glucosa en sangre se presentan en la gráfica no. 3. Los resultados se presentan como las medias mas o menos el error estándar, a los 0, 15, 30 60 90 y 120 minutos.

Cuadro No 20 Respuesta glicémica del estándar (pan blanco) y cambio de la concentración de glucosa en sangre

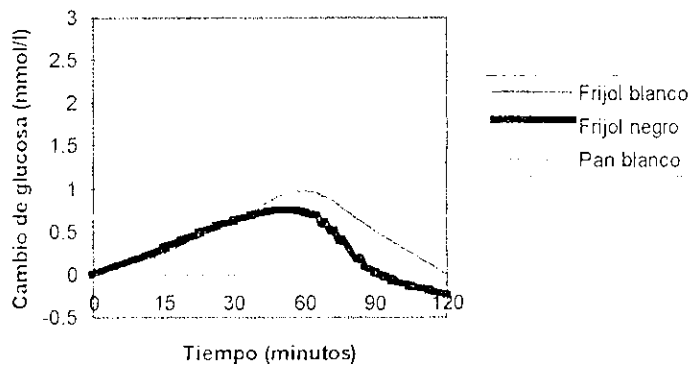
Tiempo (minutos)	Respuesta glicémica (mmol/l)	Cambio de glucosa (mmol/l)
0	4.23 ± 0.43	0
15	4.53 ± 0.47	0.3 ± 0.04
30	6.00 ± 1.6	1.7 ± 1.20
60	7.13 ± 1.10	2.9 ± 0.67
90	6.00 ± 0.38	1.7 ± 0.05
120	5.53 ± 0.37	1.3 ± 0.06

Gráfica no. 3

Como se observan en los resultados anteriores, los cambios de glucosa en sangre varían según el alimento ingerido, ya sea frijol blanco, frijol negro o pan blanco. Para tener una mejor visión de los cambios de glucosa en sangre que los individuos tuvieron después de haber ingerido los 50 gramos de carbohidrato en el frijol blanco, frijol negro y pan blanco se presentan en la gráfica no. 4, a modo de comparación las tres curvas de las respuestas glicémicas obtenidas.

Gráfica no. 4

Comparación del cambio de glucosa en sangre después de la ingestión de frijol blanco, frijol negro y pan blanco



Para calcular el índice glicémico del frijol blanco y frijol negro fue necesario calcular el área bajo la curva de ambos alimentos ya que éste se obtiene al comparar estos valores con el área bajo la curva del pan blanco (alimento estándar).

Las áreas bajo las curvas y los índices glicémicos de ambos frijoles se presentan en el cuadro no. 21. Se puede observar que el frijol blanco tiene un área bajo la curva mayor que el área bajo la curva del frijol negro, por lo tanto el índice glicémico del frijol blanco es también mayor que el índice glicémico del frijol negro.

Cuadro No. 21 Área bajo la curva e índice glicémico del frijol blanco, frijol negro y pan blanco

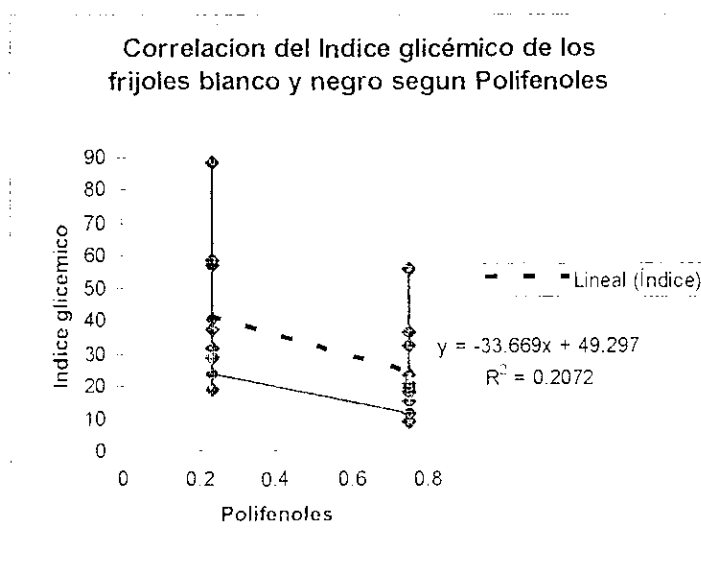
Alimento	Área bajo la curva	Índice glicémico
Frijol blanco	69.2 ± 11.19	40
Frijol negro	43.42 ± 8.35	25
Pan blanco	173 ± 10.49	100

Se determinó la diferencia entre las muestras por medio de la prueba *t de student* para determinar diferencia significativa entre ellas a una significancia de 0.05. Para 9 grados de libertad el valor *t* debía ser mayor de 1.833 para determinar diferencia significativa. El valor que arrojo la prueba *t* para establecer diferencia significativa entre la respuesta glicémica del frijol blanco y frijol negro fue de 5.96.

F. Efecto de los polifenoles

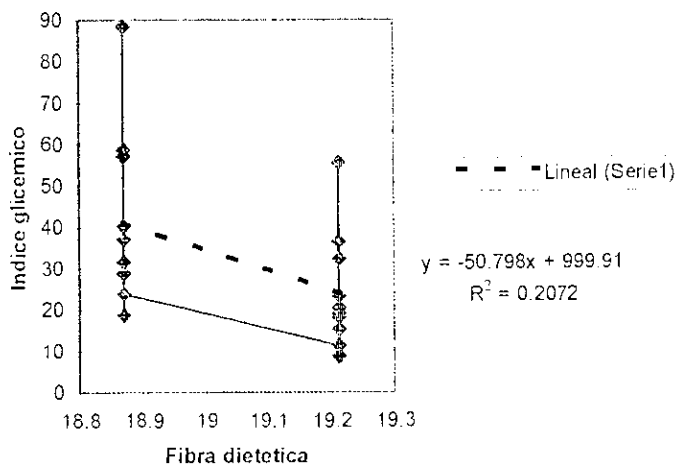
Por último, se calculó una correlación (*R*) entre los polifenoles y el índice glicémico, así como también la correlación entre la fibra dietética y el índice glicémico para poder determinar de qué manera están influyendo ambas variables sobre el índice glicémico de los frijoles blanco y negro. Los resultados de ambas correlaciones, gráficas y ecuaciones se presentan en las gráficas 5 y 6 respectivamente.

Gráfica No. 5



Gráfica No. 6

Correlación del índice glicémico según fibra dietética en los frijoles blanco y negro



El valor de correlación (R) de ambas variables (polifenoles y fibra) respecto al índice glicémico fue de $R = 0.4551$ para cada uno.

VIII. DISCUSIÓN

Con respecto al análisis proximal de los frijoles los resultados indican que no existe una gran variación entre los crudos y los cocidos en cuanto a grasa, ceniza, proteína y fibra. Sin embargo la fibra, como era de esperarse, tiene un leve cambio después de su tratamiento térmico. En este sentido González (2000) propuso que la retrogradación de los almidones se debe a las bandas de hidrógeno que se establecen entre las cadenas de amilosa y que las proteínas, los taninos y almidones también interactúan con los carbohidratos. Gonzales propone que la asociación entre almidones y proteína, taninos y proteína y taninos y almidones, que se establecen en diferentes alimentos de origen vegetal causan un aumento en la fibra dietética después de su cocción.

La respuesta glicémica del frijol negro y blanco muestran un comportamiento diferente entre ellas, tal y como se observa en las gráficas 1 y 2. Observamos claramente en la gráfica 1 correspondiente al frijol blanco un pico más pronunciado en la respuesta glicémica y en la gráfica no. 2 correspondiente al frijol negro que este pico es menos pronunciado y que la respuesta glicémica después de los 90 minutos disminuye desde la línea basal. La respuesta glicémica de los cereales es mucho más alta que las leguminosas, a pesar de que contienen cantidad de carbohidratos

similares (Jenkins, 1991), como se puede observar en la gráfica no. 3 en donde se presenta la respuesta glicémica del pan. Es importante hacer notar que la respuesta glicémica obtenida no es igual para todas las preparaciones de frijol. La respuesta glicémica va a variar dependiendo de la adición de otros ingredientes o alimentos. En la gráfica no. 4 observamos con más claridad la diferencia entre las respuestas glicémicas de los frijoles blanco y negro y del pan blanco. Los frijoles comparados con el pan blanco tienen la respuesta glicémica más baja debido a que la digestión es más lenta (Jenkins 1980). Esto se ha asociado a la presencia de polifenoles y fibra dietética, los cuales son elementos que no se encuentran presentes en el pan blanco. Trout (1993) observó que la respuesta glicémica disminuye con un aumento de Fibra dietética y polifenoles. La diferencia entre las muestras se determinó por medio de la Prueba *t de student* a una significancia de 0.05 obteniendo un valor la prueba *t* de 1.833 el cual es menor que el valor de *t* para 9 grados de libertad de 5.96, por lo tanto al ser este mayor se establece diferencia significativa entre las muestras.

La respuesta glicémica nos permite obtener el índice glicémico (IG) que no sólo varía de un alimento a otro, sino que también en alimentos de un mismo grupo, como lo son el frijol blanco y frijol negro quienes forman

parte del grupo de las leguminosas, las cuales en general se caracterizan por tener un índice glicémico bajo (Jenkins, 1980).

En el cuadro no. 21 vemos la gran diferencia entre el índice glicémico de ambos alimentos, que para el frijol blanco fue de 40 y para el frijol negro de 25, utilizando como estándar al pan blanco.

Se calculó el contenido de polifenoles en los frijoles cocidos para determinar la posible asociación entre el contenido de estos y el índice glicémico. Según se observa en el cuadro no. 16 el frijol negro es el que tiene la mayor cantidad de polifenoles, a la vez que tiene un índice glicémico menor, mientras que el frijol blanco tiene menos porcentaje de polifenoles y a la vez tiene un mayor índice glicémico. El mismo fenómeno se puede observar con la fibra dietética en donde el frijol negro es el que tiene la mayor cantidad de fibra dietética. Al respecto Thompson et al. (1983) encontraron que seis alimentos con un bajo contenido de polifenoles tuvieron un índice significativamente alto en personas diabéticas. Por lo anterior se puede aceptar la hipótesis planteada en este estudio, es decir que la respuesta glicémica del frijol negro y blanco sí está influida por el contenido de polifenoles en estos granos.

Como establece Thompson et al. (1983), los mecanismos responsables de esta relación negativa entre la ingestión de polifenoles y el

índice glicémico no es muy clara. Sin embargo se tiene a relacionarla directamente con una interacción entre polifenoles y carbohidratos. Para determinar la posible asociación se determinó la diferencia entre las medias por medio de la prueba de *t de student* a una significancia de 0.05 obteniendo un valor la prueba *t* de 6.314 el cual es menor que el valor de *t* para 1 grado de libertad de 5.96, por lo tanto al ser éste mayor, se establece diferencia significativa entre las muestras.

Así mismo en la prueba estadística de correlación del índice glicémico respecto a los polifenoles y fibra dietética se obtuvo un valor de *R* de 0.45149. El valor teórico de *R* para 19 grados de libertad a una significancia de 0.05 es de 0.433. Siendo el valor obtenido de ambas correlaciones mayor que el valor teórico se comprueba significancia estadística y se puede concluir que tanto los polifenoles como la fibra dietética están favoreciendo un índice glicémico bajo.

En conclusión, aunque el mecanismo no es muy claro, los polifenoles y la fibra dietética aparentemente son responsables en gran parte de la baja respuesta glicémica a los carbohidratos, y más aun, la alta concentración de polifenoles en legumbres especialmente en los frijoles, son parcialmente responsables de la baja respuesta glicémica en comparación con los cereales. (Thompson, 1983) Para poder determinar

con mayor certeza la responsabilidad de estos factores sobre la respuesta glicémica, es importante realizar estudios.

Los frijoles entonces pueden ser incorporados en la dieta de diabéticos para incrementar la ingestión de carbohidratos y por lo mismo disminuir el consumo de grasa. La habilidad de prescribir una dieta variada con alimentos de índice glicémico bajo para los diabéticos es muy apropiada, tomando en cuenta la importancia del control de la glucosa para evitar complicaciones en el futuro.

IX. CONCLUSIONES

1. El contenido de fibra dietética total en los frijoles blanco y negro aumenta después de someterlos al proceso de cocción.
2. Los frijoles blanco y negro tienen una respuesta glicémica más baja en comparación con la respuesta glicémica del pan blanco.
3. La respuesta glicémica, después de ingerir 50 gramos de carbohidrato de frijol blanco, es mayor que después de ingerir la misma cantidad de carbohidratos del frijol negro.
4. La fibra dietética total cuya presencia es característica de las leguminosas, favorece un índice glicémico bajo en este grupo de alimentos comparado con el pan blanco.
5. Los polifenoles contenidos en mayor cantidad en el frijol negro, favorecen un índice glicémico menor en este alimento. ($r = 0.45149$)
6. Los frijoles blancos tienen menor índice glicémico que los frijoles negros posiblemente por un menor contenido de polifenoles.

7. Por lo anterior se acepta la hipótesis, la respuesta glicémica del frijol negro y blanco sí está influida por el contenido de polifenoles.

8. Se puede incluir, sin ningún riesgo, frijol blanco y frijol negro en una dieta para las personas que padecen de diabetes, siempre y cuando se utilice la preparación descrita en este trabajo.

X. RECOMENDACIONES

1. Según los resultados de este estudio se recomienda ampliamente el uso de los frijoles, tanto blancos como negros, en la dieta de diabéticos, sin que éste sea un riesgo de incremento de la glicemia.
2. Para estudios posteriores se recomienda que las porciones del alimento que contienen 50 gramos de carbohidratos disponibles, se calculen a partir del peso de los individuos involucrados en el estudio.
3. Se recomienda continuar con estudios similares a éste para determinar otros alimentos con índice glicémico bajo, así como también índices de comidas preparadas y combinadas según patrones de alimentación de las personas diabéticas.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo E., Urrutia C. y R. Bressani. 1987. *Valor nutritivo y contenido de fibra dietética del frijol procesado*. Informe anual 1986. Suplemento de investigación. INCAP. 220 pp.
- AOAC. 1984. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 14de. Virginia. USA.
- Badui, S. 1993. *Química de los alimentos*. Tercera edición. México, Editorial Alhambra. 648 pp.
- Bornet FRJ, et al. 1985. *Insulinogenic and glycemic indexes of six starch rich foods taken alone and in mixed meals by type 2 diabetics*. Am J Clin Nutr;45 :588-595.
- Bressani, R. 1993. *Grain Quality of Common Beans*. Food Review International. 9(2):237
- Bressani R, Elías LG, España. 1981. *Posibles relaciones entre medidas físicas, químicas y nutricionales en frijol común Phaseolus vulgaris*. Arch. Latinoam. Nutr. 31 : ;550-570.
- Casanueva, E. Kaufer-Horwitz, M., et al. 2001. *Nutriología médica*. Segunda edición. Editorial Médica Panamericana. México D.F. 717 pp.

- Caultable, T.P. 1990. *Food the chemistry of the components*. 2da. edición. London R. Society. 385 pp.
- Deshpande, S., Cheryan, M. , Salunkhe, D. 1986. *Tannin analysis of food products*. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 24 :401-449.
- Durigan, Sgarbieri, Almeida. 1987. *Antinutritional factors and toxicity in raw dry beans Phaseolus vulgaris of 12 brazilian cultivars*. J. Food Biochem. 23 :95-103.
- Eliás LG, De Fernández DG, Bressani R. 1979. *Posible effects of seed coat polyphenolics on the nutritional quality of bean protein*. J. Food Science. 44 :524-526.
- Gonzales. G. 2000. *Efecto del tratamiento termico sobre el contenido de fibra dietetica total, en algunas leguminosas*. Archivos Latinoamericanos de nutrición. Vol 50 No. 3 : 281-285.
- Guyton, C. y John E. Hall. 1997. *Tratado de Fisiología Médica*. Novena edición. Editorial Mc Graw-Hill. México. 1262 pp.
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. 1996. *Tabla y Composición de los Alimentos*.
- Jenkins, DJA, Wolever TMS, Leeds AR. 1978. *Dietary fibres, fibre analogues and glucose tolerance*. Br. Med. J, 31 :1392-1394.
- Jenkins, DJA. et al. 1984. *The glycemic response to carbohydrate foods*. Lancet 2 :388.

- Jenkins DJA, Thorne MJ, Canelon K, et al. 1982. *Effect of processing on digestibility and blood glucose response : a study of lentils*. Am. J. Clin Nutr. 36 : 1093-1101.
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RN, et al. 1981. *Glycemic index of foods : a physiological basis for carbohydrates exchange*. Am J Clin Nutr;34 :362-366.
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Collier GR, et al. 1987. *The metabolic effects of a low glycemic index diet*. Am J Clin Nutr. 46 :968-975.
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Kalmusky J, et al. 1985. *Low glycemic index carbohydrate foods in the management of hiperlipidemia*. Am J Clin Nutr. 45 : 604-617.
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Jenkins AL, et al. 1986. *Low glycemic response to traditionally processed wheat and rye products :bulgur and pumpernickel bread*. Am J Clin Nutr. 43 :516-520.
- Jenkins DJA , Wolever TMS, et al. 1980. *Exceptionally blood glucose response to dried beans : comparision with other carbohydrate foods*. Br Med J. 2 :578-580.
- Mahan K., Arlin M. 1993. *Nutrición y dietoterapia de Krause*. Octava edición. Editorial Mc Graw-Hill. México. 947 pp.

- Mendoza, C. , Linares, S., Elías, R. y Bressani, R. 1990. *Características tecnológicas y nutricionales de 20 cultivares de Frijol Común (Phaseolus vulgaris)*. Turrialba Vol. 40. No 1. pp 44-51
- Nishimune T. et al. 1991. *Glycemic response and fiber content of some foods*. Am. J. Clin Nutr. 54 :414-419.
- Ordoñez, M. 1991. *Influencia de los taninos totales, taninos con actividad biológica y de los azúcares productores de flatulencia sobre los principales atributos que caracterizan el sabor del frijol negro*. Tesis Lic. Química. USAC. 45 pp.
- Price, M., et al. 1978. *A critical evaluation of the Vainillin Reaction as an Assay for Tannin in Sorghum Grain*. J. Agric. Food Chem. , Vol 26. No. 5 1214 :1218
- Sathe, SK , et. al. 1984. *Dry beans or phaseolus*. A review. Part 1. CRC Critical reviews in food science and nutrition. 20 : 1-46.
- Saura-Calixto F. 1987. *Dietary fiber complex in a sample rich in condensed tannins and uronic acids*. Food Chem. 23 :95-103.
- Spiller G. 1986. *Definition of dietary fiber in CRC Handbook of dietary Fiber in Human Nutrition*. chapter 2.1. pp 29-33.
- Thompson, L. et al. 1983. *Relationship between poliphenol intake and blood glucose response of normal and diabetic individuals*. Am. J. Clin Nutr. 39 :745.

- Thorburn AW, et al. 1986. Salt and glycemic response. *Br. Med J* 292 :1697,
- Thorne MJ. et al. 1983. Factors affecting starch digestibility and the glycemic response with special reference to legumes. *Am J. Clin. Nutr.* 38 :481.
- Trout, DL. et al. 1993. *Prediction of glycemic index for starchy foods.* *Am J. Clin Nutr.* 58 :873-8.
- Wolever JMS, Jenkins DJA. 1986. *The use of the glycemic index in predicting The blood glucose response to mixed meals.* *Am J Clin Nutr.* 43 :167 -172.
- Wolever TMS, Jenkins DJA, Jenkins AL, Josse RC. 1991. *The glycemic index :Methodology and clinical implications.* *Am J. Clin Nutr.* 54 :846-854.
- Yoon JH., Thompson LU, Jenkins DJA. The effect of phytic Acid on in vitro rate of starch digestibility and blood glucose response. *Am. J. Clin Nutr.* 1983 ;38 :835-842.

XII. APÉNDICE

Anexo 1. Consentimiento informado

Antes de que usted decida tomar parte en este estudio de investigación, es importante que lea cuidadosamente este documento. El investigador discutirá con usted el contenido de este documento y le explicará todos aquellos puntos en los que tenga dudas. Si después de haber leído toda la información usted decide participar en este estudio, deberá firmar este consentimiento en el lugar indicado y devolverlo al investigador. Usted recibirá una copia de este consentimiento.

Título : Influencia de los polifenoles en la respuesta glicémica del frijol negro y frijol blanco.

Investigador : Fabiola Hacussler Teléfono : 312-4836

Objetivos del estudio

A usted se le ha pedido que participe en este estudio que tiene como objetivo determinar la respuesta glicémica del frijol negro y blanco, cocinados en olla de presión y preparados en forma de puré.

Procedimiento a seguir

Si usted acepta participar en este estudio, tendrá que ingerir aproximadamente 80 gramos de frijol negro, 80 gramos de frijol blanco y 50 gramos de pan blanco en tres sesiones distintas, para las cuales deberá estar en ayunas. Posteriormente a la ingestión de las muestras, se analizará el nivel de glucosa en la sangre por medio de una punción en la yema de los dedos a los 0, 15, 30, 60, 90 y 120 minutos.

Consentimiento

He leído y entendido este consentimiento. He recibido respuestas a todas mis preguntas. Acepto voluntariamente participar en este estudio.

Nombre del sujeto :__ _____ Firma :__ _____ Fecha :_____