

Papel del frijol negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca

José Serrano e Isabel Goñi

Universidad Complutense de Madrid, Madrid-España

RESUMEN. En Guatemala existe un fenómeno de superposición epidemiológica, en el que coexisten problemas de salud propios de países desarrollados con otros característicos de poblaciones en vías de desarrollo. Se observan deficiencias marcadas en algunos macronutrientes tales como hierro y vitamina A, en simultaneidad con enfermedades crónicas como diabetes tipo II o enfermedades cardiovasculares. Se conoce muy bien la importancia del frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) en la dieta habitual de Guatemala, en donde el consumo *per capita* es de 70g al día. Además del aporte energético, los frijoles constituyen la principal fuente de proteína en la dieta y contienen un alto porcentaje de carbohidratos glicémicos de digestión lenta y carbohidratos no glicémicos fermentables en el intestino grueso. Estos últimos, pueden ejercer efectos fisiológicos beneficiosos relacionados con el control de la respuesta glicémica, de los niveles de colesterol sanguíneo y disminución de los factores de riesgo de cáncer colónico debido a la formación de productos de fermentación colónica (propiónico y butírico). Sin embargo, el frijol negro contiene también diversos factores antinutricionales (inhibidores enzimáticos, hemaglutininas, saponinas, ácido fítico, etc.) muchos de ellos termolábiles que pueden ser destruidos durante el procesado. La riqueza nutricional del frijol negro, y especialmente los carbohidratos glicémicos de digestión lenta, los compuestos no digeribles fermentados por las bacterias intestinales y algunos factores antinutricionales, juegan un papel importante en la etiología de numerosas enfermedades de incidencia actual en Guatemala.

Palabras clave: Frijol negro, estado nutricional, carbohidratos glicémicos, carbohidratos no glicémicos, fibra dietética, proteína, compuestos antinutricionales.

SUMMARY. Effects of black bean *Phaseolus vulgaris* consumption on the nutritional status of Guatemalan population. Guatemala provides an example of epidemiological superposition, in which health problems typical of developed countries and developing countries are both observed. Nutritional deficiencies in some micronutrients like vitamin A and iron coexist alongside chronic diseases such as diabetes type II and cardiovascular diseases. The importance of black beans in the normal Guatemala diet is well known: 70g per capita of black beans are consumed daily. Black beans are an important sources of protein and energy in the diet. They contain "lente" digestion carbohydrates and a high proportion of non-digested carbohydrates that may be fermented in the large intestine. These types of carbohydrates are associated with a low glycemic response, low serum cholesterol levels, and a decrease of colon cancer risk factors. These physiological effects may be related to colonic fermentation end products (propionic and butyric acids). Black beans also contain several antinutritional compounds (enzymatic inhibitors, haemagglutinins, saponins and phytic acid, etc.), some of them thermolabiles that are partially eliminated during culinary processes and may modify the nutritional quality of beans. Black beans play a crucial role in the etiology of several diseases in Guatemala.

Key words: Black beans, nutritional status, glycemic carbohydrates, non glycemic carbohydrates, dietary fibre, protein, antinutritional factors.

INTRODUCCION

Los hábitos alimentarios están vinculados fuertemente a la tradición y a la cultura en Guatemala. La urbanización y modernización, así como la crisis económica y social han traído consigo cambios en el patrón de consumo de alimentos. En el sector rural, la dieta depende del autoabastecimiento de un número limitado de alimentos, mientras que en el sector urbano, el consumo es más dependiente de la disponibilidad económica y de la cadena de distribución de alimentos.

Un porcentaje importante de la población de Guatemala presenta deficiencias nutricionales debido a la escasa

disponibilidad de alimentos y al deficiente consumo de nutrientes. En 1994 la tasa de mortalidad por desnutrición en el ámbito nacional era de 45 por 100.000 habitantes. El 69,5% de la población de niños menores de 6 años presentaban desnutrición crónica y 14% desnutrición aguda. Estos valores se incrementan significativamente (83,5%) cuando se considera la población infantil menores de 9 años (1).

Por otra parte, se ha elevado la incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles, tales como diabetes, enfermedades cardiovasculares y algunos tipo de cáncer, asociados al consumo excesivo de algunos alimentos o de dietas no

equilibradas. Esta tendencia se asocia a un aumento en la incidencia de sobrepeso y obesidad en la población adulta, especialmente femenina en donde 11,30% de las mujeres muestran un peso por encima de su peso óptimo. Las enfermedades cardiovasculares constituyen el 6.68% del total de las causas de muerte, de los cuales 22.76% son consecuencia de accidentes cerebrovasculares. Con relación al cáncer, durante 1994 en Guatemala se registraron un 3,6% de defunciones por tumores malignos, siendo los cánceres más frecuentes de origen gástrico (36%), hepatobiliar (36%) y broncopulmonar (10,5%) (1).

Esta situación, que constituye una fase del proceso de transición epidemiológica nutricional que caracteriza a la región, está siendo cada vez más manifiesta en la población urbano marginal, en especial en el grupo de urbanización reciente. En esa población coexisten deficiencias nutricionales con sobrealimentación. Son frecuentes las familias en las que conviven niños con alto riesgo de desnutrición proteínico-energética y padres con sobrepeso u obesidad, constituyendo ambas situaciones expresiones de malnutrición y pobreza. Esta situación se ha definido como polarización alimentaria-nutricional (2).

Los frijoles juegan un papel importante en la dieta del guatemalteco no solo por su contenido energético, sino por la gran cantidad de proteína que suministran. Según la Encuesta Nacional de Consumo aparente de alimentos, se consumen 49.25g al día, lo cual contribuye con 197 Kcal a la ingesta energética diaria (3). La totalidad de las familias guatemaltecas consumen frijol negro en las tres comidas principales del día, con una frecuencia de consumo de 78.0%, 77.8% y 97.1% en el desayuno, almuerzo y cena respectivamente (4).

El consumo de frijol resulta especialmente valioso como complemento de los cereales en aquellas regiones donde la población tienen limitado el acceso a la proteína de productos animales. El frijol también contienen factores antinutricionales tales como inhibidores de tripsina, hemaglutininas, saponinas y ácido fitico entre otros. Muchos de los cuales son destruidos, al menos en parte, durante los tratamientos culinarios. Estos factores modifican el aprovechamiento nutricional de sus componentes.

Ingesta de alimentos, patrón dietético y estado nutricional

En Guatemala existen diferencias en el consumo de alimentos entre las poblaciones rurales y urbanas. El consumo de alimentos de origen animal (lácteos, huevos y carnes) en el área urbana, es más del doble de las cantidades consumidas en el área rural. Además, en el área urbana, la mayor parte de las familias consumen una dieta variada, mientras que en el área rural la dieta está basada principalmente en maíz, verduras y frijol. La Tabla 1 presenta información sobre el consumo familiar de alimentos en Guatemala.

TABLA 1
Consumo de alimentos por adulto equivalente^o y por día, en familias urbanas y rurales de Guatemala, 1987 (5)

	Area urbana		Area rural	
	Media (g)	Familias consumidoras (%)	Media (g)	Familias consumidoras (%)
Lácteos	71.1	68.0*	20.5	16.7
Huevos	51.3	69.0*	22.1	37.0
Carnes	95.6	62.0*	43.7	35.1
Frijol	80.9	83.5*	59.9	58.5
Otras leguminosas	0.5	3.0	4.9	5.4
Verduras	119.5	98.0	163.2	96.4
Frutas	78.8	68.5*	17.0	17.2
Musáceas	61.3	39.5*	9.2	5.4
Raíces y tubérculos	43.6	25.0	88.2	33.7
Arroz	25.1	40.0*	14.7	22.5
Maíz	74.2	31.0*	645.6	97.4
Derivados del maíz	200.9	82.0*	14.6	5.2
Otros cereales	25.2	71.5*	9.4	24.8
Pan	121.1	94.0*	9.1	13.1
Azúcar	84.8	100.0	61.4	96.7
Aceites y grasas	18.9	92.0*	4.3	54.3

^o Diferencia significativa entre zona rural y urbana (P<0.05)

* Adulto equivalente: Consumo per cápita expresado en proporción a las recomendaciones de un adulto típico de 60 kg.

El consumo de frijol es mayor en el medio urbano (81g) que en el rural (60g). Esto se explica en parte, porque en muchas comunidades del altiplano no es posible cultivar el frijol por limitaciones ecológicas. Además, la disponibilidad de alimentos para la venta es menor que el área urbana (5). La tortilla de maíz y los frijoles son los alimentos de mayor consumo en niños pre-escolares y por lo tanto son las principales fuentes de calorías, hierro y proteínas (6).

La contribución de cada alimento al consumo total de energía y proteína en las áreas rural y urbana de Guatemala, se indican en la Tabla 2. Aproximadamente el 70% de las calorías totales ingeridas por un campesino adulto promedio, provienen del consumo de maíz, mientras que en el área urbana el consumo de este alimento sólo aporta el 27% del total calórico, mientras que el pan de trigo, frijol y azúcar aportan el 41% de las calorías totales. En relación con las proteínas, la tendencia es parecida. En las familias campesinas, el maíz y el frijol aportan casi el 70% de proteínas. Sin embargo, en el sector urbano, los alimentos de origen animal aportan más del 30% de las proteínas, siguiéndole el frijol con 25% y el maíz con el 21%.

TABLA 2
Aporte de energía y proteínas por Grupos de Alimentos en el área urbana y rural de Guatemala (5)

	Energía (%)		Proteínas (%)	
	Area urbana	Area rural	Area urbana	Area rural
Lácteos	4.3	0.7	7.6	2.0
Huevos	2.7	1.0	6.1	2.5
Carnes	4.3	2.7	16.5	11.7
Frijol	11.9	6.1	24.8	14.2
Otras leguminosas	0.1	0.3	0.1	0.7
Verduras	11.3	2.4	1.6	4.2
Frutas	1.2	0.3	0.4	0.1
Musáceas	1.6	0.3	0.5	0.1
Raíces y tubérculos	0.8	2.7	0.6	2.5
Maíz y derivados	27.2	69.8	21.6	57.5
Cereales y pasta	7.9	1.1	6.8	2.6
Pan	16.9	7.7	11.7	0.6
Azúcar	12.5	1.1	-	-
Aceites y grasas	5.7	1.1	-	-
Ingesta por adulto	2637.5	3194.3	82.9	87.8

La ingesta media nacional de energía se ajusta a las recomendaciones dietéticas. El consumo promedio del adulto en el sector urbano es de 2.638 kcal/día y representa el 101.5% de la recomendaciones calóricas medias para un adulto con actividad moderada. En el sector rural, la ingesta media del adulto es de 3.194,3 kcal/día y equivale al 107,3% del valor medio recomendado para un adulto en condiciones de actividad física intensa (5). La ingesta de energía y proteína de la población infantil presenta grandes fluctuaciones (energía: entre 105 y 4815 kcal/día; proteína : entre 1 y 167 g/día). Aunque los valores medios (918 kcal/día y 28g de proteína/día) se adecuan a las recomendaciones dietéticas de la mayor parte de la población infantil (6), hay que tener en cuenta que un alto porcentaje de niños ingiere cantidades de proteínas y calorías por debajo de los valores necesarios para conseguir y mantener un estado de salud óptimo. Por la misma razón, hay que suponer que una parte de la población consume un exceso, que en el caso de las calorías se convierte en un factor de riesgo de patologías.

Composición proximal del frijol negro

El frijol negro tienen un contenido elevado de proteína, carbohidratos y minerales, poco contenido en lípidos, aunque es rico en ácido linoléico (7) y su aporte calórico es relativamente bajo.

La composición del frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) y el aporte de micronutrientes a los requerimientos diarios de vitaminas y minerales por ración promedio de frijol (70.5g)

consumida en Guatemala, se muestra en la Tabla 3. Como puede observarse, el frijol aporta el 134.4%, 19.1% y 15.9% de las cantidades diarias recomendadas de ácido fólico, hierro y zinc respectivamente, nutrientes que generalmente se encuentran deficientes en la población guatemalteca.

TABLA 3
Composición nutricional del frijol negro crudo. Aporte de la ración diaria (70,5g) a las cantidades diarias recomendadas (CRD) de nutrientes para Guatemala (7)

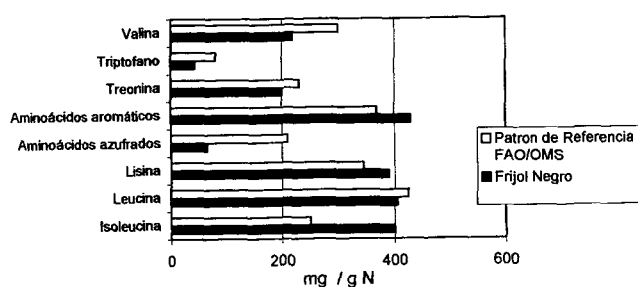
		Contribución de la ración diaria de frijol a las CRD (%)
Energía	345 kcal	8.34
Humedad	10.6g	
Proteína	21.8 g	25.4
Grasa	14 g	-
Carbohidratos	63.5 g	-
Tiamina	0.99 mg	40.4
Riboflavina	0.201 mg	7,5
Niacina	1.93 mg	4.9
Vitamina B6	0.285 mg	8.8
Acido fólico	0.447 mg	134.4
Fósforo	380.3 mg	28.4
Potasio	1424.3 mg	34.6
Sodio	5.2 mg	0.3
Calcio	92.3 mg	5.6
Magnesio	195.6 mg	35.5
Zinc	3.96 mg	15.9
Cobre	0.77 mg	27.5
Hierro	4.82 mg	19.1

Composición de proteínas

El frijol negro es una de las principales fuentes de proteínas en la dieta del guatemalteco (Tabla 2). La comparación del contenido en aminoácidos de la proteína del frijol con la proteína de referencia de FAO/OMS, indica que el frijol negro es una buena fuente de aminoácidos aromáticos, lisina leucina e isoleucina. Sin embargo, es deficiente en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína), valina, triptofano y treonina (Figura 1), (8) en comparación con el patrón de referencia FAO/OMS. Tal y como se ha indicado, los frijoles se consumen habitualmente con tortillas de maíz (ración diaria: 30g de frijol con 100g de maíz) (9), lo que supone una complementación de ambas proteínas, originando una proteína de alto valor nutricional. Sin embargo, su utilización biológica se ve afectada por la presencia de factores inhibidores de su absorción, tales como taninos y ácidos fitico (8). Por otro lado, la mayor parte de estos inhibidores son termolábiles, por lo que su capacidad inhibitoria se reduce significativamente con los procesos

térmicos culinarios. El tratamiento térmico tiene un doble efecto sobre las leguminosas. Por otra parte, disminuye y elimina la actividad de algunos factores antifisiológicos, mientras que por otro lado, aumenta la disponibilidad de aminoácidos azufrados presentes en altas concentraciones en los inhibidores de tripsina.

FIGURA 1
Contenido de aminoácidos esenciales del frijol cocido



La digestibilidad aparente de la proteína en los frijoles negros cocidos es de 68.8%. La valina es el aminoácido menos biodisponible (9), mientras que la lisina es el más biodisponible (promedio de 84.6%) (9). No obstante, el tratamiento térmico excesivo puede disminuir la disponibilidad de algunos aminoácidos, en particular la lisina (10), lo cual tiene interés sanitario, ya que el contenido en lisina de la dieta puede ser determinante en su aterogenicidad (11) y explicar, al menos en parte por que los bajos contenidos en lisina de las proteínas vegetales disminuyen el colesterol plasmático. Kritchewsky (12) indica que cuanto menor es el cociente lisina/arginina, menor es la incidencia de hipercolesterolemia y aterosclerosis. Este cociente para el frijol negro es de 1.23, mientras que para la caseína es de 1.90 (11).

Composición de carbohidratos

Los carbohidratos son los componentes mayoritarios del frijol negro (7). La mayor parte son carbohidratos complejos, almidón y fibra dietética, mientras que la fracción de azúcares (mono, di y oligosacáridos) es significativamente menor (13). Debido a las aplicaciones en la salud, se comentará el contenido de carbohidratos de los frijoles, teniendo en cuenta su naturaleza de glicémicos y no glicémicos, según la clasificación establecida por FAO/OMS (14) como se muestra en la Tabla 4.

TABLA 4
Caracterización de carbohidratos de frijol negro cocido

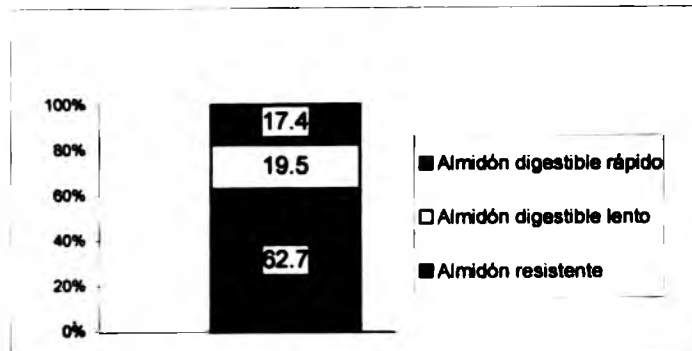
	(% materia seca)	Referencia
Carbohidratos glicémicos		
Glucosa libre	0.1	(23)
Almidón total	42.9	(23)
Almidón rápidamente digerible	7.5	(23)
Almidón lentamente digerible	8.4	(23)
Índice glicémico (pan blanco como referencia)	28	(15)
Carbohidratos no glicémicos		
Fibra dietética total	27.0	(25)
Fibra soluble	4.5	(25)
Fibra insoluble	22.6	(25)
Almidón resistente	26.9	(23)
Oligosacáridos no digeribles		
Rafinosa	0.40	(52)
Estaquiosa	3.23	(52)
Verbascosa	0.12	(52)

Carbohidratos glicémicos

Los carbohidratos glicémicos son digeridos y absorbidos en el intestino delgado y por lo tanto, modifican los niveles de glucemia del consumidor. Entre los carbohidratos glicémicos se pueden mencionar el almidón, di- y oligosacáridos digeribles y glucosa libre. El contenido en almidón total es relativamente alto, 42.9%, sin embargo, la mayor parte del mismo (62.7%) es almidón resistente a la digestión por la α -amilasa pancreática, lo que supone que tan solo el 37.3% del total del almidón disponible puede repercutir directamente en la respuesta glucémica. Además, más que la mitad de este valor corresponde a carbohidratos de digestión lenta (Figura 2). Estos datos se reflejan en los bajos valores de índice glucémico observados habitualmente en los frijoles (IG: 20 y 28 respecto a glucosa y pan respectivamente) (15).

Los mecanismos que determinan este comportamiento están relacionados tanto con las características del propio almidón (origen botánico, proporción de amilosa/amilopeptina, etc) como con la estructura del cotiledón y asociaciones entre las células constituyentes (13). Por otro lado, el bajo IG también puede ser atribuido a la presencia de fitohemagluteninas, que actúan como inhibidores de la maltasa y amilasa intestinal disminuyendo el transporte y la absorción de glucosa en el lumen (16). Además, los taninos presentes en los frijoles pueden tener actividad anti-amilasa (17), dificultando la digestión de los carbohidratos glicémicos e incrementando el porcentaje de carbohidratos resistentes a la digestión.

FIGURA 2
Distribución porcentual de las fracciones de almidón en
frijoles negros cocidos



Uno de los objetivos nutricionales propuestos por el Comité de Expertos de FAO/OMS (14) es conseguir que la población consuma alimentos de bajo índice glucémico (IG), ya que se relacionan con una menor incidencia de factores de riesgo de enfermedades cuyo tratamiento requiera el control de la respuesta glucémica. Los alimentos con bajo IG favorecen el control de la glucemia, disminuyen los requerimientos de insulina y disminuyen los niveles de fructosaminas y triglicéridos plasmáticos (18). Una disminución del 10% en el IG de la dieta, aumenta la sensibilidad de la insulina en un 30% y reduce los niveles post-prandiales de ácidos grasos no esterificados, afectando la síntesis hepática de VLDL. Una meta-análisis de 11 estudios (19) indica que una dieta de bajo IG reduce (16%) los niveles medios de glucemia, disminuye (20%) la concentración urinaria de péptido C, disminuye los niveles de hemoglobina glicosilada (9%) y de colesterol total y triglicéridos (6% y 9% respectivamente). También se ha observado que este tipo de dietas mejora la actividad fibrinolítica (20) y contribuye a la normalización de la respuesta insulínica en sujetos hiperinsulinémicos (21).

Carbohidratos no glicémicos

Los carbohidratos no glicémicos resisten la acción de la α -amilasas digestivas y alcanzan el intestino grueso donde pueden ser fermentados por las bacterias colónicas. Estos carbohidratos no afectan directamente la respuesta glicémica, pero repercuten en diferentes aspectos debido a su capacidad para modular la composición de la microbiota colónica y a los efectos fisiológicos de los productos finales de la fermentación anaerobia (22).

Los frijoles contienen varios componentes hidrocarbonados no glicémicos: almidón resistente, polisacáridos de la fracción de fibra dietética y oligosacáridos

no digeribles (Tabla 4). El conjunto representa el 57.65% de la materia seca del alimento cocinado, siendo la cáscara la de mayor contenido de polisacáridos celulósicos estructurales y lignina, los cuales van desde un 58.7% a 65% y 1.4% a 1.9% respectivamente (53). La mayor parte de la fibra es degradada por la microbiota (23). Durante el proceso de fermentación se genera ATP, se originan ácidos grasos de cadena corta (AGCC), se generan gases y se incrementa la proliferación de las propias bacterias cuya población puede ser modulada con el tipo y cantidad de sustratos indigestibles presentes en el ecosistema intestinal (oligosacáridos no digeribles, almidón resistente y componentes hidrocarbonados de la fibra dietética) (22).

En el residuo ileal se han cuantificado 3 fracciones de almidón resistente con diferente grado de polimerización. La fracción mayoritaria (75% del total de α -glucanos) está formada por polímeros de $n=40$. Los compuestos con un grado de polimerización mayor ($n>400$), constituyen el 15% del total y la tercera fracción (10%) está formada por polímeros entre 1 y 8 unidades. Por otro lado, las leguminosas son ricas en amilosa, lo que incrementa la posibilidad de retrogradación durante la cocción (24). Sin embargo, el almidón retrogrado no explica la cantidad de α -glucanos indigeribles presentes en el residuo ileal, por lo que se supone que este residuo corresponde al almidón nativo junto con fracciones retrogradadas (24).

Según se indica en la Tabla 4, el frijol negro cocido contienen un 4.5% y 22.6% de fibra dietética soluble e insoluble respectivamente (25). En la fracción de fibra están incluidos los componentes propios de la fibra (polisacáridos no amiláceos y lignina) y otros compuestos asociados de naturaleza no hidrocarbonada tales como taninos, proteína y fitatos. Todos estos componentes, junto con almidón resistente, oligosacáridos no digeribles y otros componentes de los frijoles no digeridos en el intestino delgado, constituyen la fracción indigestible del alimento, los cuales pueden ser fermentados por la microflora colónica (26), originándose ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Según Bednar y col. (23) cada grano de materia orgánica de frijol produce 7.24 mmol de AGCC con un perfil de fermentación Acético: Propiónico: Butírico de 71:12:17. Los AGCC ejercen efectos fisiológicos sistémicos y locales que repercuten sobre el metabolismo lipídico y colónico (22). El ácido propiónico se relaciona con la disminución de colesterol plasmático debido a la inhibición de la colesterologénesis. El ácido butírico es el principal sustrato energético para los colonocitos y se ha demostrado que induce apoptosis, inhibe el crecimiento (27) y diferenciación de células colónicas tumorales (28). Cada componente indigestible puede tener un comportamiento fisiológico propio, ya que los efectos en el organismo son consecuencia de la triple interacción entre sustratos, microbiota y medio

intestinal. En líneas generales, la fracción soluble de la fracción indigestible (complejo fibra, oligosacáridos y almidón resistente) es altamente fermentable. Mientras que los componentes de la fracción insoluble son más resistentes a la degradación bacteriana y pueden tener un efecto más marcado en el tránsito intestinal de consumidor.

El consumo de frijol como fuente de fibra, produce una mayor saciedad, debido a varias causas: mayor volumen de alimentos, mayor tiempo de ingestión, lo que produce una mayor sensación de plenitud intestinal, niveles elevados de colecistocinina, relacionado con reducciones en los niveles de plasmáticos de glucosa e insulina en pacientes diabéticos (29).

Mucho de los efectos del consumo de frijoles en las lipoproteínas han sido atribuidos a su contenido en fibra dietética. El consumo de frijol puede alterar la excreción de sales biliares y esteroides, disminuir el coeficiente de digestibilidad de grasas (30), aumentar los niveles de colecistocina y aumentar la producción de ácidos grasos de cadena corta durante la fermentación (31).

El consumo diario de frijoles disminuye la concentración de colesterol sérico (32). El efecto cardioprotector parece estar relacionado en orden de importancia con los siguientes factores: contenido y tipo de fibra soluble (33), proporción y cantidad de aminoácidos (34), cantidad de oligosacáridos no digestibles (35), isoflavonas (36), fosfolípidos y ácidos grasos (37), fitoesteroides (38), saponinas (30) y otros factores aún desconocidos (39).

Composición en grasas

Aunque el contenido en grasa del frijol es bajo (14%), tiene un alto porcentaje de fosfolípidos (25-35% del contenido total de grasa), que han demostrado tener un potente efecto hipolipemiante, incluso a bajas concentraciones (37). El ácido linoléico es el ácido graso más abundante (7). En este sentido, la Asociación Americana del Corazón recomienda que para disminuir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares se debe limitar la ingesta de ácidos grasos saturados y ácidos grasos trans, ya que así se reducen las concentraciones de LDL colesterol (40).

Composición en micronutrientes

El consumo de frijol negro en la población de Guatemala aporta el 15.9%, 19.1% y 134.4% de las cantidades de ingesta recomendadas de zinc, hierro y ácido fólico respectivamente (Tabla 3). El contenido en hierro es alto (4.82%), aunque tiene una biodisponibilidad muy baja (0.8%), posiblemente debido a la presencia de otros componentes no nutritivos presentes en los frijoles. Especial mención merece el fósforo, puesto que un alto porcentaje del mismo (50%) se encuentra formando fitatos que no son biodisponibles en el intestino (41).

Los frijoles negros tienen un alto contenido en ácido fólico y tiamina, vitaminas que reducen los niveles de homocisteína sérica. Esta es una razón más por la que el consumo de frijol negro puede reducir este riesgo de enfermedad cardiovascular.

Composición de factores antinutricionales

Entre los compuestos no nutritivos de los frijoles se pueden mencionar los inhibidores de enzimas (tripsina y α -amilasa), fitatos, oxalatos, compuestos fenólicos y saponinas entre otras. Muchos de ellos se han identificado debido a los efectos adversos que producen, sin embargo, últimamente se cree que a dosis controladas podrían ejercer efectos benéficos en la salud y en este sentido muchos autores los clasifican como compuestos bioactivos. Los inhibidores de proteasas han sido asociados con cáncer pancreático en estudios con animales, aunque se ha observado que pueden actuar como agentes anticancerígenos (42). Estudios con animales, cultivos celulares *in vitro* y datos epidemiológicos, muestran bajas tasas de mortalidad por cáncer en poblaciones humanas con alta ingesta de inhibidores de proteasas. Se ha observado *in vitro*, que los inhibidores de proteasa pueden suprimir la transformación maligna de células inducidas por diferentes tipos de agentes cancerígenos (43).

Con relación a los inhibidores de amilasa, se ha observado que pueden causar hipertrofia pancreática (44). Sin embargo, también se ha comprobado que pueden reducir la digestibilidad de almidón, y por lo tanto reducir los niveles de glucosa sanguínea y aumentar los niveles de insulina en personas, ratas, perros (45). El consumo de frijol, reduce los niveles glucosa plasmática post-prandial, insulina, péptido C y péptido inhibidor gástrico, lo que sugiere que podría ser utilizado con propósitos terapéuticos en diabetes y control de obesidad (46).

La fitohemagluteninas son proteínas termolábiles resistentes a la hidrólisis enzimática que tienen capacidad para unirse a carbohidratos. El consumo de fitohemagluteninas se asocia a toxicidad, debido a su efecto aglutinante de glóbulos rojos. Sin embargo, se ha observado que las fitohemagluteninas pueden influenciar la glicemia por uniones en las células de la mucosa intestinal, en donde causan una disminución en la absorción de nutrientes. El conjunto formado por fitohemagluteninas y carbohidratos, pueden actuar como hormonas metabólicas por uniones a carbohidratos específicos en receptores de membrana. A través de estas uniones, actuarían como potentes factores exógenos del crecimiento en el intestino y en consecuencia inducirían una intensa proliferación celular y cambios en el metabolismo de las células epiteliales. El aumento en la proliferación de las células epiteliales intestinales altera la expresión de genes, para lo cual se requieren grandes cantidades de poliaminas, las cuales son segundos mensajeros de las síntesis de DNA, RNA y proteínas y por lo tanto

esenciales para el crecimiento y la proliferación celular (47). En consecuencia, uno de los primeros efectos de la fitohemagluteninas es incrementar la captación, a través de la membrana basolateral, de poliaminas procedentes de circulación sistémica, en proporciones suficientes para mantener el crecimiento del tejido y debido a que los tumores requieren un suministro incrementado de poliaminas, puede establecerse un proceso de competencia con tejidos normales, que sean estimulados reversiblemente a proliferar con fitohemagluteninas (47). En este sentido, estudios con modelos de animales (ratas y ratones) han mostrado que las fitohemagluteninas de *Phaseolus vulgaris* limitan el crecimiento de tumores no digestivos por medio de una promoción de la hiperplasia del epitelio intestinal (48).

El ácido fítico debido a su alta reactividad con cationes especialmente con zinc, calcio y hierro, forma complejos insolubles que hacen disminuir la biodisponibilidad de estos minerales en el intestino (49). Sin embargo, la habilidad del ácido fítico para quelar minerales, también puede ejercer efectos protectores relacionados con el riesgo de cáncer de colon (50) y la disminución en el colesterol y triglicéridos séricos en animales experimentales (50). Su mecanismo de acción, parece estar relacionado con su poder antioxidante, que reduce la proliferación celular y aumenta la respuesta inmune (50).

Los taninos condensados han sido asociados a la baja disponibilidad de la proteína como se menciona en el apartado de la proteína. Aunque muchos autores los asocian como factores antinutricionales debido a sus efectos adversos en las enzimas digestivas, se considera que las propiedades antioxidantes que presentan pueden tener efectos benéficos en la salud.

Otros factores antinutricionales presentes en el frijol tales como cianógenos, saponinas y varios factores antivitaminas, están presentes en el frijol negro y ejercen efectos adversos en el consumidor.

Hábitos culinarios. Efecto del procesamiento culinario en la calidad nutritiva del frijol

En alimentación humana, las leguminosas se someten a una serie de procesos tecnológicos y/o culinarios que mejoran su valor nutricional. Un buen procesado es probablemente más importante en las legumbres que en cualquier otro alimento, debido a la posibilidad de eliminar componentes no deseables presentes en estos alimentos crudos, tal y como se ha mencionado en el apartado anterior. Además, se mejora la palatabilidad y se aumenta la disponibilidad de ciertos nutrientes presentes en su composición, por medio de una disminución en factores antinutricionales como fitatos y taninos (52). Los métodos de preparación varían notablemente en función de los pueblos y las culturas. La población guatemalteca consume preferentemente frijoles cosechados

recientemente. Pocas familias (7%) remojan el frijol durante la noche previa a la cocción. La mayor parte, 65.9% de las familias, sumerge los frijoles en agua fría y el resto calienta primero el agua y sumerge los frijoles en el agua hirviendo. El tiempo de cocción varía entre 25 y 240 minutos dependiendo de la altitud y de la temperatura ambiental (4).

Después de la cocción, se consume tanto el grano entero como el caldo, que es consumido por todos los miembros de la familia tres veces al día (4). Es de destacar la importancia de este caldo para la alimentación de los niños, puesto que para muchos de ellos es el primer alimento que toman después de la lactancia materna y antes de que puedan masticar.

El remojo previo a la cocción, que se realiza a temperatura ambiente, ablanda el grano, reduce el tiempo de cocción y reduce la concentración de algunas sustancias no nutritivas que se solubilizan en el medio, tales como ácido fítico, taninos, polifenoles etc. (41). Por otro lado, este proceso culinario aumenta las actividades tripsina y α -amilasa como consecuencia de un aumento en la permeabilidad en la pared de las semillas, ya que los inhibidores de estas actividades enzimáticas son solubles en agua (41) y salen de la semilla, solubilizándose en el agua de remojo. También se solubilizan minerales, por lo que en parte disminuye el aporte nutricional de micronutrientes.

El proceso de cocción mejora la textura y palatabilidad del alimento e incrementa la utilización digestiva de sus componentes. Cuando los frijoles están en contacto con agua caliente o fría, puede existir cierta lixiviación (especialmente de los nutrientes solubles en agua) de vitaminas y minerales de las leguminosas hacia el agua. El análisis proximal del caldo de frijol contiene en promedio 6.96-10.65% de carbohidratos y 1.2 a 2.1% de proteína (4).

El calor destruye algunos compuestos termolábiles tales como inhibidores de proteasas, hemagluteninas, etc., desnaturaliza proteínas e incluso produce un cierto grado de hidrólisis, todo lo cual conduce a una predigestión proteica que facilita la digestión posterior del alimento. Ahora bien, un tratamiento térmico prolongado hace disminuir el valor nutritivo de la proteína, ya que destruye aminoácidos esenciales como lisina y cistina. En muchas zonas de Guatemala es habitual mantener en caliente los frijoles cocidos durante todo el día, lo que disminuye la calidad de la proteína disponible. Las diferencias en el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en frijoles negros en diferentes tratamientos culinarios se muestra en la Tabla 5. Llama la atención que la cocción con olla de presión aumenta su contenido de fibra dietética soluble en 0.76 g en comparación con su valor equivalente en 100 g de leguminosa cruda (51). El efecto del procesamiento con relación al contenido de fibra puede ser debido a la presencia de sustancias amiláceas en el grano, que al enfriarse retrograda parte del almidón y este se cuantifica como fibra dietética.

TABLA
Promedio y variabilidad en el contenido de fibra dietética total, insoluble y soluble en frijoles negros crudos y sometidos a tratamiento térmico (51)

Fracción fibra	Tratamiento	Contenido (%)
Fibra dietética total	Crudo	24.31
	Hervor prolongado	21.24
	Olla de presión	25.63
Fibra dietética soluble	Crudo	1.38
	Hervor prolongado	1.13
	Olla de presión	2.14
Fibra dietética insoluble	Crudo	23.07
	Hervor prolongado	20.10
	Olla de presión	23.48

CONCLUSIONES

El frijol negro es uno de los principales alimentos en la alimentación guatemalteca por su aporte energético y contenido en proteínas y carbohidratos. Es un alimento básico en la dieta de las familias de estratos socioeconómicos bajos, en donde se complementa con cereales como el maíz y constituye una buena fuente de aminoácidos esenciales. Es importante el contenido en componentes antinutricionales, muchos de los cuales pueden tener connotaciones beneficiosas para la salud, puesto que actualmente pueden ser considerados compuestos bioactivos e integrantes de la denominada fracción indigestible de los alimentos. La escasa información que existe al respecto, hace prever que estos constituyentes se relacionen con efectos antioxidantes y protectores de la salud gastrointestinal. Sería interesante estudiar el riesgo-beneficio de la incorporación o eliminación de algunos de estos compuestos en la dieta, con el fin de impactar positivamente en la salud de la población guatemalteca.

REFERENCIAS

- Organización Panamericana de la Salud (OPS). La Salud de las Américas. Volumen II. 1998.
- Delgado H. La Seguridad Alimentaria y Nutricional en Centroamérica. Situación actual. INCAP. PP/NT/001. 2001.
- SEGEPLAN. Encuesta Nacional de Consumo Aparente de Alimentos. Guatemala. 1991.
- Bressani R, Navarrete D, Garcia-Soto A, Elias L. Culinary practices and consumption characteristics of common beans at the rural home level. *Arch Latinoamer Nutr* 1988;38(4):925-934.
- Alarcón J, Andriano F. Diferencias urbano-rurales en la ingesta de alimentos de familias pobres de Guatemala. *Arch Latinoamer Nutr* 1991;39(3):327-335.
- Gamero H, Arita M, Bulux J, Solomons N. Patrón dietético e ingesta de nutrientes de niños pre-escolares de tres aldeas rurales del departamento de Santa Rosa, Guatemala. *Arch Latinoamer Nutr* 1996;46(1):22-26.
- Matthews R. Legumes. Chemistry, Technology and Nutrition. Marcell Dekker, Inc USA. 389pp. 1989.
- Blanco A, Bressani R. Biodisponibilidad de aminoácidos en el frijol (*Phaseolus vulgaris*). *Arch Latinoamer Nutr* 1991;41:38-51.
- Torun B, Menchú M, Elias L. Recomendaciones dietéticas diarias del INCAP. INCAP/ME/057, Guatemala. 137pp. 1996.
- Bressani R. Research needs to up-grade the nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *Qual Plant Plant Foods Hum Nutr* 1983;32:101-110.
- Vásquez J, Sánchez-Muniz F. Revisión: Proteína de pescado y metabolismo del colesterol. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1994;34:589-608.
- Kritchewsky D. Vegetal protein and atherosclerosis. *J Am Oil Chem Soc* 1979;56:135-140.
- Tobar J. Bioavailability of Starch in processed legumes. Importance of physical inaccessibility and retrogradation. Tesis Doctoral, Universidad de Lund. 1992.
- FAO/OMS. Carbohydrates in human nutrition. (FAO Food and Nutrition Paper-66). Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Rome. 14-18 April 1997 Reprinted 1998.
- Foster-Powel K, Holt S, Brand-Miller J. International Table of glycemic Index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr* 2002;76:5-56.
- Santiago J, Levy Beshimol A, Carmona A. Effect of *Phaseolus vulgaris* lectins on glucose absorption, transport and metabolism in rat everted intestinal sacs. *J Nutr Biochem* 1993;4:426-430.
- Longstaff M, McNab J. The inhibitory effects of hull polysaccharides and tannins of field beans (*Vicia faba* L) on the digestion of aminoacids, starch and lipids and on digestive enzyme activities in young chicks. *Brit J Nutr* 1991;65:199-216.
- Fontvieille A, Rizkalla S, Penfornis A, Acosta M, Bornet F, Slama G. The use of low glycemic index foods improves metabolic control of diabetic patients over five weeks. *Diabetic Medicine*. 1992;9:1-7.
- Brand-Miller J. Importance of glycemic index in diabetes. *Am J Clin Nutr* 1992;59:747S-752S.
- Jarvi A, Karlstrom B, Granfeldt Y, Björck I, Asp N, Vessby B. Improved glycemic control and lipid profile and lipid profile and normalized fibrinolytic activity on a low-glycemic index diet in type 2 diabetic patients. *Diabetes Care* 1999;22:10-18.
- Behall K, Howe J. Effect of long-term consumption of amylose vs amylopectin starch on metabolic variables in human subjects. *Am J Clin Nutr* 1995;61:334-340.
- Goñi I, Martín-Carrón N. Fermentación colónica de fibra dietética y almidón resistente. En: Lajolo F, Saura-Calixto F, Witting de Penna E, Menezes. Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Editorial Varela, Sao Paulo, 2001;311-338.

23. Bednar G, Patil A, Murray S, Grieshop C, Merchen N, Fahey G. Starch and fiber fractions in selected foods and feed ingredients affect their small intestine digestibility and fermentability and their large bowel fermentability and their large bowel fermentability in vitro in a canine model. *J Nutr* 2001;131:276-286.
24. Noah L, Guillon F, Bouchet B, Buléon A, Molis C, Gratas M, Champ M. Digestion of carbohydrate from white beans (*Phaseolus vulgaris* L) in healthy humans. *J Nutr* 1998;128:977-985.
25. Herrera I, González E, Romero J. Fibra dietética soluble, insoluble y total en leguminosas crudas y cocidas. *Arch Latinoamer Nutr*. 1998;48:179-182.
26. Saura-Calixto F, García-Alonso A, Goñi I, Bravo L. In vitro determination of the indigestible fraction in food. An alternative to dietary fiber analysis. *J Agric Food Chem* 2000;48:3342-3347.
27. Meyer D, Tungland B. Non-digestible oligosaccharides and polysaccharides: their physiological effects and health implications. *Advances Dietary Fibre Technology* 2001;39:455-70.
28. Siavoshian S, Segain J, Kornprobst M, Bonnet C, Cherbut C, Galmiche J, Blottiere H. Butyrate and trichostatin A effects on the proliferation/differentiation of human intestinal epithelia cells: induction of cyclin D3 and p21 expression. *Gut* 2000;46:507-514.
29. Bourdon I, Olson B, Backus R, Richter D, Davis R, Schneeman B. Beans, as a Source of Dietary Fiber, increase cholecystokinin and apolipoprotein B48 Response to test meal in men. *J Nutr* 2001;131:1485-1490.
30. Duane W. Effects of legume consumption on serum cholesterol, biliary lipids and sterol metabolism in humans, *J Lipid Res* 1997;38:1120-1128.
31. Wright R, Anderson J, Bridges S. Propionate inhibits hepatocyte lipid synthesis. *Proc Soc Exp Biol Med* 1990;195:26-29.
32. Luyken R, Pikaar N, Polman H, Schippers F. The influence of legumes on the serum cholesterol level. *Voeding* 23, 447-453.
33. Brown L, Rosner b, Willet W, Sacks F. Cholesterol lowering effects of dietary fiber a meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 1999;69:30-42.
34. Vunksan V, Jenkins D, Vidgen E, Ramsom T, Ng M, Cuthance C, O'Conner D. A novel source of wheat fibers and protein: effect on fecal bulk and serum lipids. *Am J Clin Nutr* 1999;47:367-379.
35. Anderson J, Hanna T. Impact of nondigestible carbohydrates on serum lipoproteins and risk of cardiovascular disease. *J Nutr* 1999;129:1457S-1466S.
36. Anderson J, Smith B, Moore K, Hanna T. Soy foods and health promotion. *Vegetables, fruits and herbs for health promotion*. 2000:117-134.
37. Kirsten R, Heintz B, Nelson K, Hesse K, Schneider E, Oremek G, nemeth N. Polyenylphosphatidylcholine improves the lipoprotein profile in diabetic patients. *Int J Clinical Pharm Therapeutics* 1993;32:53-56.
38. Jones P, Raeini-Sarjaz M, Ntanos F, Vanstone C, Feng J, parsons W. Modulation of plasma lipid levels and cholesterol kinetics by phytosterol versus phytostanol esters. *J Lipid Res* 2000;41:697-705.
39. Fruhbeck G, Monreal I, Santidrian S. Hormonal implication of the hypocholesterolemic effect of intake of field beans (*Vicia faba* L) by young men with hypercholesterolemia. *Am J Clin Nutr* 1997;33:1818-1827.
40. Krauss R, et al. AHA dietary guidelines. Revision 2000. A statement for healthcare professionals from the Nutrition Committee of the American Heart Association *Circulation* 2000;102:2284-2299.
41. Abd El-Hardy EA, Habiba RA. Effect of soaking and extrusion conditions on antinutrients and protein digestibility of legume seeds. *Lebensm-Wiss U-Technol* 2003;36:285-293.
42. H athcock J. Residue trypsin inhibitor. Data needs for risk assessment . En: *Nutritional and toxicological consequences of food processing*. Pp 273-279. New York: Plenum Press 1991.
43. Clemente A, Domony C. Anticarcinogenic activity of protease inhibitors in legumes. En: *Proceedings of the 4th Euroean Conference on Grain Legumes*. Cracow,pp 114-115. Paris: AEP Editions. 2001.
44. Savaiano D, Power J, Costello M, Whitaker J, Clifford A. The effect of an alpha amylase inhibitor on the growth rate of weanling rats. *Nutr Rep Int* 1977;15:443-449.
45. Puls W, Keup U. Influence of an alpha-amylase inhibitor (Bay-d7791) on blood glucose, serum insulin and NEFA in starch loading test in rats, dogs and man. *Diabetologia* 1977;9:97-101.
46. Boivin M, Flourié B, Rizza R, Go V, Di Magno E. Gastrointestinal and metabolic effects on amylase inhibition in diabetics. *Gastroenterology* 1988;94:387-394.
47. Bardoez S. Effect of phytohaemagglutinin on intestinal cell proliferation. Role of polyamines. *Arch Latinoamer Nutr* 1994; 44 (Suplemento 4):16S-20S.
48. Pryme I, Puzstai A, Bardoez S, Ewen S. The induction of gut hyperplasia by phytohaemagglutinin in the diet and limitation of tumour growth. *Histol Histopathol* 1999;13:575-583.
49. Sandberg A. Bioavailability of minerals in legumes. *Brit J Nutr* 2002;88 (Suppl 3): S281-S285.
50. Reddy B. Possible mechanisms by which pro- and prebiotics influence colon carcinogénesis and tumour growth. *J Nutr* 1999;129:1478S-1482S.
51. Alfonso G. Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en algunas leguminosas. *Arch Latinoamer Nutr* 2000;50(3):281-285.
52. Costa de Oliveira A, Silva Queiroz K, Machado S, Carraro F. O processamento doméstico do feijao-comun ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitato e taninos, no teor de amido e em fatores de flatulência rafinose, estaquiase e verbascose. *Arch Latinoamer Nutr* 2001;51:276-283.
53. Srisuma N, Reungsakulrach S, Uebersax M, Bennink M, Hammerschmidt R. Cell wall polysaccharides of Navy Beans (*Phaseolus vulgaris*). *J Agric Food Chem* 1991;39:855-858

Recibido:28-08-2003

Aceptado: 10-02-2004