



Agricultura Técnica en México

ISSN: 0568-2517

contacto@agriculturarecnica.net.mx

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
México

Guzmán Maldonado, Salvador Horacio; Acosta Gallegos, Jorge Alberto; Álvarez Muñoz, María de los
Ángeles; García Delgado, Sonia; Loarca Piña, Guadalupe
Calidad alimentaria y potencial nutracéutico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)
Agricultura Técnica en México, vol. 28, núm. 2, julio-diciembre, 2002, pp. 159-173
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Texcoco, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60828206>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

CALIDAD ALIMENTARIA Y POTENCIAL NUTRACÉUTICO DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) *

FOOD QUALITY AND NUTRACEUTICAL POTENTIAL OF COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)

Salvador Horacio Guzmán Maldonado¹, Jorge Alberto Acosta Gallegos², María de los Ángeles Álvarez-Muñoz³, Sonia García-Delgado³ y Guadalupe Loarca-Piña⁴

¹Dr. Laboratorio de Biotecnología, e-mail: sguzman76@hotmail.com ² Dr. Programa de Leguminosas Comestibles, investigadores del Campo Experimental Bajío, INIFAP. Km 6.5 carretera Celaya – San Miguel Allende. Apdo. Postal 112, 38010 Celaya, Gto., México. ³ Q.A. y ⁴ Dra. Investigadoras del Programa de Postgrado en Alimentos del Centro de la República, Avenida Hidalgo s/n, Ciudad Universitaria, Escuela de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

RESUMEN

Los alimentos derivados de las plantas además de los nutrimentos como son los carbohidratos, proteínas y grasas, entre otros, contienen compuestos conocidos como fitoquímicos que proveen beneficios adicionales a la salud humana, los cuales están presentes en alimentos como cereales, frutas y leguminosas. La evidencia científica continua acumulándose en apoyo al papel de los fitoquímicos en la prevención y tratamiento de enfermedades, como consecuencia del número de componentes que tienen un efecto benéfico sobre la salud. El frijol común es una de las fuentes principales de proteína, calorías, vitaminas del complejo B y minerales en la dieta del pueblo mexicano. En las áreas rurales, 15% de su alimentación es frijol y 65% maíz. Se reconoce al frijol por su alto contenido de proteína y, más recientemente, por su contenido de fibra soluble. Últimamente se conduce investigación sobre las características nutraceuticas del frijol. Otros componentes de este grano son los llamados factores antinutricionales, que incluyen los oligosacáridos, taninos, inhibidores de tripsina, lectinas y ácido fítico que se relacionan con la baja digestibilidad de la proteína y la reducción de la bio disponibilidad de los minerales, entre otros. A pesar de los efectos negativos

de los factores antinutricionales, la evidencia científica está demostrando su papel benéfico en la prevención y tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas. Con base en el contenido nutricional y los componentes fitoquímicos del frijol común, los nutriólogos deben estimular a las familias a consumir más frijol.

Palabras clave: Fitoquímicos, factores antinutricionales, salud humana.

ABSTRACT

In addition to the nutrients that are involved in normal metabolic activity, plant foods contain components that may provide additional health benefits. These food components, generally referred to as phytochemicals or health-promoting elements, are present in a number of frequently consumed food, such as cereals, fruits and legumes. In recent years, the number of food components shown to have potential benefits for human health has grown tremendously. Scientific evidence is accumulating to support the role of phytochemicals and nutraceutical foods in the prevention and treatment of disease. On the other hand, the common bean is one of the most important sources of protein, calories, B-complex vitamins, and minerals in Mexico. In rural

* Fecha de recepción: 8 de abril del 2002
Fecha de aceptación: 25 de noviembre del 2002

areas, 15% of consumed foods are beans, 65% are maize. Beans have long been recognized for their protein content and more recently have been noted for their soluble-fibre content, but in general there has been relatively little research and discussion about the nutraceutical attributes of beans. Other components of the common beans, the so called anti-nutritional factors which include oligosaccharides, tannins, trypsin inhibitors, lectins, and phytic acid, have been related to poor protein digestibility and reduction of mineral bioavailability. In spite of the negative aspect of anti-nutritional factors, scientific evidence supports the role of common bean in the prevention and treatment of human diseases. Given the nutrient profile and phytochemical contribution of beans, nutritionists should make a concerted effort to encourage the Public to consume more common beans.

Key words: Phytochemicals, antinutritional factors, human health

INTRODUCCIÓN

Hipócrates en su obra Régimen escribió la frase “que tu alimento sea tu única medicina y que tu medicina sea tu alimento” (Hipócrates, 460-320)¹. Numerosos estudios, respaldados por la ciencia, han demostrando que, en parte, Hipócrates tenía razón; sin embargo, aún se está lejos de que la gente comprenda las bases científicas de esta frase y, que por lo tanto, acepte cambiar sus hábitos alimenticios. La razón por la cual una persona se resiste a modificar su dieta es compleja, por la idiosincrasia, nivel económico, y abundancia de alimentos industrializados, son algunas de las principales razones.

Los habitantes de muchos países han intentado adaptar su organismo a toda una gama de productos alimenticios procesados; además, tienden a abandonar el consumo de alimentos tradicionales y mantener el llamado “estilo de vida moderno”. En México, el incremento en el índice de enfermedades como la diabetes y la osteoporosis, pudiera ser una respuesta al tipo de

alimentos que se consumen (Diabetes, 2002)². El estrés causado por el ritmo de vida también tiene su aporte en la propensión humana de padecer diversas enfermedades, entre ellas las cardiovasculares.

En la década de los 80 se inició una serie de estudios epidemiológicos que tuvieron como propósito estudiar la relación que existía entre los hábitos alimenticios y ciertas enfermedades. Este interés se originó, en parte, por la llamada “paradoja francesa”, la cual establecía que a pesar de que los habitantes de este país mantenían un estilo de vida y una dieta similar a otros países desarrollados, el nivel de problemas cardiovasculares (PCV) era menor (Dillard y German, 2000). También se observó que el consumo de la uva y sus productos derivados (vino, jugo) era uno de los factores que se relacionaban significativamente con el bajo número de casos de PCV entre los franceses. Otro estudio epidemiológico ha demostrado que las mujeres de Japón presentan un menor índice de cáncer de seno y de ovarios y en los hombres se presentan menos casos de cáncer de próstata, en comparación con aquellos países donde se consume mayor cantidad de carne (Messina, 1999). En Japón la mortalidad por cáncer de seno es 25% menos que en Estados Unidos de América. Diversos estudios han sugerido que el consumo de soya y sus derivados, así como una dieta rica en vegetales son algunos de las principales causas de este fenómeno.

Se sabe que el alto consumo de carne es una de las principales causas de la osteoporosis. El efecto hipercalcémico de la proteína animal aparentemente se debe, en parte, a la mayor digestibilidad de esta proteína; la cantidad de iones hidrógeno liberados durante el metabolismo de los aminoácidos provoca la desmineralización del sistema óseo, y la excreción de calcio en la orina (Remer y Marz, 1994). Es importante señalar que los huesos funcionan como el principal sistema para amortiguar cualquier desbalance iónico en el organismo humano. Se ha estimado que por cada gramo de proteína animal que se consume se pierde un mg de calcio (Kerstetter y Allen, 1989).

Los resultados anteriores motivaron la búsqueda de las causas de estos fenómenos, como fue el caso del efecto calcémico de la carne, así como la identificación de los compuestos responsables, los mecanismos de acción y

¹ <http://www.hipocrates.com>

² <http://www.paho.org/diabetesbul/english/section2.asp>

su fuente natural, dando como resultado el nacimiento de una nueva rama del saber, los alimentos nutraceuticos o funcionales.

ALIMENTOS NUTRACÉUTICOS O FUNCIONALES

La definición precisa de alimento nutraceutico o funcional está en desarrollo, pero en general se refiere a aquel alimento que por sus componentes fisiológicos activos, provee beneficios más allá de la nutrición básica y puede prevenir enfermedades o promover la salud (Vinson, 1999). De acuerdo con la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, son aquellos alimentos en los cuales la concentración de uno o más ingredientes ha sido manipulada para aumentar su contribución a una dieta saludable (Chaudhari, 1999). En vista de que ambos términos se utilizan indistintamente, en adelante se usará el concepto de alimentos nutraceuticos.

A los componentes o ingredientes fisiológicos activos presentes en los alimentos nutraceuticos se les denomina con el término de fitoquímicos (Dillard y German, 2000). El número de fitoquímicos y las evidencias científicas que apoyan su participación en la prevención y tratamiento de ciertas enfermedades, ha aumentado significativamente en años recientes. El conocimiento acumulado en este campo permite suponer que pronto el consumidor cambiará sustancialmente su actitud hacia los alimentos nutraceuticos y estará convencido de modificar sus hábitos de alimentación; se espera que el consumidor acepte el sabor particular que algunos alimentos presentarán debido a su alto contenido de algún fitoquímico en especial.

En el campo de los alimentos nutraceuticos, cada vez se reconoce más el efecto benéfico de algunos de los fitoquímicos de la soya y, en los últimos años, del frijol común. Inclusive, compuestos presentes en estas leguminosas que históricamente fueron reconocidos como factores antinutricionales, están relacionados con la prevención o el tratamiento de ciertas enfermedades.

CALIDAD ALIMENTARIA DEL FRIJOL

El frijol común cultivado es importante en la dieta del pueblo mexicano. En una encuesta realizada en 1996 se demostró que 57% de la población mexicana tenía el hábito de consumir frijol los siete días de la semana, al menos una vez al día y que 74% lo consumía cinco días a la semana. Además, se estimó que el consumo anual per cápita era de 22 kg, cantidad mayor que el dato oficial de 13 a 15 kg durante el periodo 1990-2000 (FIRA, 2001; Castellanos *et al.*, 1997). Muñoz y Chávez (1998) encontraron que el frijol representa 15% de los alimentos ingeridos en una dieta normal de la población rural. El frijol junto con el maíz (Figura 1), se convierten en las fuentes principales de nutrimentos para 25 millones de personas que viven en el campo mexicano y para la mayor parte de la población marginada del sector urbano (FAO, 2000)¹. De acuerdo con estos niveles de consumo, se estima que el frijol y el maíz aportan a la dieta más de 70% de las calorías y 91% de la proteína ingerida; de ésta, 34% proviene del frijol y 40% del consumo de hierro proviene de estos dos alimentos (Rosado *et al.*, 1992).

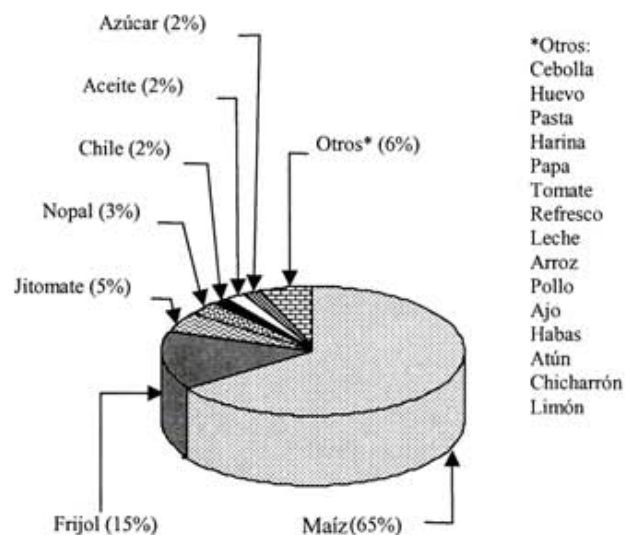


Figura 1. Nivel de consumo de alimentos en una dieta rural. Fuente: Muñoz y Chávez, 1998, FAO, 2000.

¹ <http://apps.fao.org>

Cuadro 1. Características químicas y nutrimentales del frijol común. Celaya, Gto., México.

Característica	Contenido	Requerimiento mínimo diario
Composición química (%)		
Proteína	14 - 33	
Lípidos	1.5 - 6.2	
Fibra total	14 - 19	
Insoluble	10.1 - 13.4	
Soluble	3.1 - 7.6	
Cenizas	2.9 - 4.5	
Carbohidratos	52 - 76	
Calidad de la proteína		
Digestibilidad (%)	52 - 75	
Relación de la eficiencia proteínica (PER)	0.7 - 1.5	
Aminoácidos esenciales (g/100 g proteína)		
Fenilalanina + tirosina	5.3 - 8.2	6.3
Isoleucina	2.8 - 5.8	2.8
Leucina	4.9 - 9.9	6.6
Lisina	6.4 - 7.6	5.8
Metionina + cisteína	1.2 - 1.5	2.5
Treonina	4.4 - 7.0	3.4
Triptófano	--	1.1
Valina	4.5 - 6.7	3.5
Minerales (m/100 g)		
Calcio	9 - 200	800 - 1000
Fósforo	460	800 - 1000
Hierro	3.8 - 7.6	15
Magnesio	200	300 - 400
Zinc	2.2 - 4.4	15
Vitaminas (mg/100 g)		
Tiamina (B1)	0.86 - 1.14	1.5
Niacina (B3)	1.16 - 2.68	0.019
Ácido fólico	0.17 - 0.58	0.4
Anti nutricionales		
Oligosacáridos (mg/g)	25 - 50	
Taninos (mgeq.cat./g)	9.6 - 131.4	
Inhibidores de tripsina (UIT/mg)	13 - 29	
Ácido fítico (%)	0.6 - 2.7	
Lectinas (%)	1 - 5	

Fuentes: Reyes-Moreno y Paredes-López, 1993; Young *et al.*, 1998; Guzmán-Maldonado y Paredes-López, 1998.

El contenido nutrimental del frijol cultivado puede llegar a tener 33% de proteína; sin embargo el nivel de digestibilidad de proteína (52 a 75%) y la relación de la eficiencia proteínica (PER) (0.7-1.5) es menor comparado con la caseína, que es la proteína de referencia (digestibilidad = 90.2%, PER = 2.9). Es pertinente aclarar que el PER mide la relación que existe entre la ganancia en peso y la cantidad de proteína ingerida (Guzmán-Maldonado

y Paredes-López, 1999). Por otra parte, la proteína del frijol presenta un contenido alto de lisina (6.4-7.6 g/100 g de proteína) y de fenilalanina más tirosina (5.3-8.2 g/100 g de proteína); es decir, satisface los requerimientos mínimos recomendados por la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) o por la Organización Mundial de la Salud (WHO) (ambas siglas en inglés); sin embargo, el frijol es deficiente en los aminoácidos

azufrados metionina y cisteína (Cuadro 1) (Reyes-Moreno y Paredes-López, 1993).

El frijol es una fuente de calcio, hierro, fósforo y zinc, y de las vitaminas tiamina, niacina y ácido fólico. Sin embargo, la presencia de otros compuestos considerados como antinutricionales afectan la calidad alimenticia de esta leguminosa (Cuadro 1).

COMPUESTOS ANTINUTRICIONALES DEL FRIJOL

Uno de los problemas de la proteína del frijol es su baja digestibilidad, característica que se atribuye a la presencia de factores antinutricionales como los inhibidores de tripsina (Reyes-Moreno y Paredes-López, 1993; Frossard *et al.*, 2000). Como consecuencia estos compuestos disminuyen el PER (Hernández-Infante *et al.*, 1998; Hymowitz, 1986) y son considerados como alérgenos ocupacionales; los inhibidores de tripsina están presentes en las partículas que se generan en la producción de subproductos como la harina de soya (Quirce *et al.*, 2002), a su vez los taninos, además de disminuir la digestibilidad de la proteína, limitan la biodisponibilidad de minerales como el hierro y el zinc (Frossard *et al.*, 2000; Guzmán-Maldonado *et al.*, 2000). Sin embargo, Carbonaro *et al.* (2000) sugieren que es la estructura de las proteínas en sí y no su unión a los taninos lo que determina la digestibilidad de una proteína.

Otros compuestos antinutricionales presentes en el frijol son las lectinas, proteínas que inducen el crecimiento del páncreas en ratas (Herzing *et al.*, 1997) y producen ulceración y necrosis en el intestino (De Oliveira *et al.*, 1989). Asimismo, el ácido fítico es otro factor antinutricional que afecta la asimilación del zinc; para medir ese efecto se ha propuesto la relación molar (ácido fítico x calcio)/zinc $[(AF \times Ca)/Zn]$ que indica cuando la relación molar $[(AF \times Ca)/Zn]$ fue mayor de 3.51, el crecimiento de ratas alimentadas con dietas que contenían estos tres componentes, se vio afectado tres veces más que cuando la relación molar fue menor a 3.51 (Fordyce *et al.*, 1987).

La familia de la rafinosa, formada por oligosacáridos de bajo peso molecular (rafinosa, estaquiosa y verbascosa), se considera un factor indeseable del frijol (Geil y Anderson, 1994). Estos carbohidratos simples no son hidrolizados en las primeras etapas de la digestión y terminan fermentados en ácidos grasos de cadena corta y gas en el colon que provocan problemas de flatulencia (Rackis *et al.*, 1970).

La deficiencia de los aminoácidos azufrados podría considerarse otro factor antinutricional debido a su relación con el bajo aprovechamiento de hierro y zinc. Se ha demostrado que dichos aminoácidos, junto con la vitamina C, juegan un papel importante en la asimilación de estos minerales (Frossard *et al.*, 2000).

POTENCIAL NUTRACÉUTICO DEL FRIJOL

El estudio del potencial nutraceutico de las leguminosas se basa principalmente en las investigaciones que se han realizado en soya y en algunos casos, en el frijol común. En la pirámide de la guía para la alimentación, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América colocó al frijol, en el mismo grupo de las nueces, carnes, pescados, aves y semillas (USDA, 1992); es decir que su consumo podría ser sustituido por algunos de estos productos. Para ello es importante llevar a cabo estudios para caracterizar y evaluar el efecto que el consumo de frijol tiene sobre la salud humana. En el Cuadro 2 se presenta un resumen del papel tradicional del potencial nutraceutico de algunos de los compuestos del frijol. En este sentido, el frijol ha sido fuente tradicional de proteína, carbohidratos y del aminoácido lisina por el contenido sobresaliente de este aminoácido. Además, se sabe que los polifenoles son responsables, en parte, de la resistencia que presentan algunas variedades de frijol al ataque de plagas de almacén y su efecto sobre el sabor del caldo. Por su parte, el ácido fítico es la principal fuente de fósforo durante la germinación de la semilla. Con respecto al potencial nutraceutico, la menor digestibilidad de la proteína del frijol puede contribuir a la prevención de la osteoporosis, debido a que una menor digestibilidad está asociada a una menor producción de iones hidrógeno durante la hidrólisis

Cuadro 2. Componentes principales del frijol común, función tradicional y potencial nutracéutico. Celaya, Gto., México.

Componente	Papel tradicional	Potencial nutracéutico
Nutricional		
Proteína	Fuente de aminoácidos	Alternativa a la proteína animal
Fibra	Reduce la constipación del sistema digestivo	Reducción de colesterol en sangre y requerimientos de insulina en sangre
Lípidos	Fuente de energía	
Carbohidratos	Fuente de energía	
Lisina	Aminoácido limitante	Tratamiento de herpes
Protección		
Polifenoles totales	Conferen resistencia a plagas de almacén. Dan color al caldo	Antioxidantes, reducción de problemas cardiovasculares
Fisiológicos		
Ácido fítico	Fuente de fósforo durante la germinación	Antioxidante
Antinutricionales		
Taninos	Reducen la asimilación de minerales y digestibilidad de proteína	Antioxidantes, antimutagénicos, disminución de PCV y los requerimientos de insulina
Inhibidores de tripsina	Disminuyen la digestibilidad de proteína y el PER, alergénico ocupacional	Protección contra rotavirus, anti carcinogénesis, quimioprotectores
Lectinas	Crecimiento del páncreas y ulceración del epitelio intestinal en ratas Confiere resistencia a plagas de almacén	Inhibición del crecimiento de linfomas, diagnóstico de tumores cancerosos

Fuente: Guzmán-Maldonado y Paredes-López, 1998.

de los aminoácidos de esta proteína vegetal, en comparación con la digestibilidad de la proteína de la carne; en consecuencia, la menor digestibilidad del frijol mejora la retención relativa de calcio en el sistema óseo (Messina, 1999; Remer y Marz, 1994).

El hierro se ha relacionado principalmente con la anemia y forma parte de un gran número de enzimas que intervienen en la producción de energía y en el buen funcionamiento de la respuesta inmune en el ser humano. Con base en los estudios del Instituto

Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, el frijol aporta aproximadamente 40% de hierro a la dieta de las personas que basan su alimentación en esta leguminosa y en el maíz; sin embargo, se ha estimado que del total de hierro presente en el frijol, sólo se asimila hasta 20%, por lo que su contribución es baja (Zubirán, 2000). En este sentido es importante incrementar el contenido de este mineral en el grano de frijol y hacerlo más asimilable en las nuevas variedades que se comercialicen en el país.

Diversas investigaciones realizadas han demostrado el efecto hipocolesterolémico del frijol común (Geil y Anderson, 1994). El consumo de frijol disminuye las concentraciones de colesterol en la sangre hasta 10%; efecto que se atribuye al contenido de fibra en el grano. El almidón resistente del frijol común puede tener el mismo efecto y se forma cuando se pierde la estructura de la molécula durante la cocción y se cristaliza nuevamente durante el enfriamiento. La fibra soluble en el frijol común, los oligosacáridos y el almidón resistente se fermentan en el colon y generan ácidos grasos de cadena corta, lo cual a su vez disminuye la síntesis hepática del colesterol (Anderson *et al.*, 1999). Sin embargo, la relación fibra-colesterol no puede simplificarse fácilmente; se ha reportado que la soya, sin fibra, reduce la concentración de colesterol en la sangre, posiblemente por la proteína y las isoflavonas que contiene (Anderson *et al.*, 1999). Los oligosacáridos han sido señalados como importantes prebióticos que alteran favorablemente la flora intestinal del colon (Ayakawa *et al.*, 1990). Algunos investigadores atribuyen la notable longevidad de individuos japoneses, que viven en las zonas rurales, al consumo de alimentos derivados de la soya que contienen cantidades generosas de oligosacáridos (Benno *et al.*, 1989). La función que tienen los oligosacáridos del frijol y soya, con relación a la promoción de bifidobacterias en el colon, está bajo estudio (Young, 1991), lo que sí se ha demostrado es que limitan el crecimiento de bacterias dañinas al cuerpo humano como *Escherichia coli*, entre otras.

Con respecto a los factores antinutricionales, existen reportes que muestran la función de los inhibidores de tripsina, taninos y lectinas en la prevención o tratamiento de ciertas enfermedades; por ejemplo, los inhibidores de tripsina confieren protección contra rotavirus (Katyal *et al.*, 2001), inhiben la carcinogénesis (Yavelow *et al.*, 1983) y pueden ser utilizados como agentes quimioprotectores (Meyskens, 2001). Sin embargo, a pesar del papel tóxico que se les ha atribuido a los inhibidores de tripsina, en estudios clínicos y de laboratorio, no se produce ninguna toxicidad, aún cuando se han dosificado en altas concentraciones (Meyskens, 2001). Los taninos, compuestos de la familia de los polifenoles, son agentes antioxidantes (Frossard *et al.*, 2001, Hagerman *et al.*,

1998), anticancerígenos (Chung *et al.*, 1998) y antimutágenos efectivos (De Mejía *et al.*, 1999; Cardador-Martínez *et al.*, 2002). Por otro lado, las lectinas de frijol disminuyen el crecimiento de linfomas no-Hodgking (Pryme *et al.*, 1999) y pueden ser utilizadas para el diagnóstico como marcadores de tumores al identificar células que se encontraron en las primeras etapas de diferenciación a células cancerosas (Goldschmidt *et al.*, 1997).

El ácido fítico reduce el riesgo de contraer cáncer, especialmente en colon y seno (Messina, 1999) probablemente por su efecto antioxidante.

Existen otros compuestos que han sido estudiados en la soya y que son benéficos para la salud como las isoflavonas que estructuralmente son similares a los estrógenos y cuando interactúan con los receptores de éstos pueden disminuir la concentración de colesterol en la sangre (Anderson, 1996); además, se ha demostrado que inhiben las lesiones causadas por la arterioesclerosis y disminuyen la proliferación celular (Raines y Ross, 1995; Fotsis *et al.*, 1995). En estudios con monos se demostró que las isoflavonas también dilatan las arterias coronarias (Williams y Clarkson, 1998), lo que disminuye el riesgo de padecer problemas cardiovasculares.

Con base en estos antecedentes se elaboró el presente ensayo con el objetivo de analizar la información reciente sobre los compuestos del frijol común y valorar su potencial nutraceutico sobre la salud humana. Se incluye información inédita obtenida en los dos últimos años por los autores.

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN NUTRACÉUTICA DEL FRIJOL EN MÉXICO

Para evaluar el potencial nutraceutico del frijol se deben caracterizar sus componentes funcionales. El INIFAP, en colaboración con otras instituciones, ha evaluado la calidad alimenticia del frijol común, así como algunos de los fitoquímicos presentes en los diferentes tipos de frijol; por ejemplo, se analizaron 66 accesiones de frijol silvestre enmalezado para evaluar el contenido de proteína, patrón de aminoácidos, niveles de taninos y ácido fítico, y el contenido de calcio, hierro

y zinc. Se encontró que el frijol silvestre enmalezado presentó hasta 50% más proteína que el cultivado. Asimismo, varias accesiones de frijol silvestre presentan mayor contenido de lisina y aminoácidos azufrados que su contraparte cultivada (Cuadro 3) (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2000). Por otro lado, se encontró al menos una accesión silvestre con un contenido mineral superior en 100% al testigo cultivado para calcio, zinc y hierro (Figura 2).

Una de las accesiones silvestres que presentó alto contenido de proteína, minerales y taninos fue utilizada

por Guzmán *et al.*, (2002) para realizar una cruce con frijol cultivado a fin de identificar *loci* asociados a características cuantitativas (QTL); como resultado encontraron que la semilla de varios individuos segregantes presentó contenidos de proteína, taninos, calcio, hierro y zinc mayores que ambos progenitores. Asimismo, se identificaron varios QTL relacionados con el contenido de taninos, hierro, zinc y calcio.

Los resultados muestran la posibilidad de caracterizar la calidad nutracéutica del germoplasma de frijol y con esto demostrar que es posible utilizar frijol silvestre

Cuadro 3. Contenido de aminoácidos esenciales en genotipos de frijol común silvestre de Durango y Jalisco, y cultivados. Celaya, Gto., México.

Número de colecta ¹	Isoleucina	Leucina	Lisina	Treonina	Valina	Metionina + Cisteína	Fenilalanina + Tirosina	Total
Jalisco								
J-216	3.50	5.72	5.26	5.73	5.05	1.16	6.22	32.64
J/L-36	3.14	5.25	4.54	6.03	5.05	1.13	6.02	31.16
J/L-232	3.53	5.94	5.38	6.52	4.89	1.61	7.05	34.92
J/L-243	3.30	5.63	4.89	6.06	5.26	1.36	6.31	32.81
J/L-270	3.59	6.13	5.45	5.80	5.13	1.49	6.73	34.32
J/M/A-289	3.35	5.44	5.02	6.23	5.01	1.59	5.98	32.62
J/M/A-293	3.31	5.46	4.72	6.46	5.26	1.60	5.83	32.64
Promedio	3.4 ± 0.16a	5.7 ± 0.31ab	5.1 ± 0.34b	6.1 ± 0.3a	5.1 ± 0.13ab	1.42 ± 0.21a	6.3 ± 0.4b	33.12
Durango								
G11027A	2.72	4.83	4.05	7.55	5.33	1.26	4.70	30.44
FJIP-31	2.63	5.95	5.76	6.83	4.65	0.49	10.80	37.11
FJIP-43	2.99	6.88	5.47	6.45	4.82	0.57	11.80	38.94
FJIP-56	3.89	7.55	6.24	6.14	5.56	0.76	9.40	39.54
FJIP-73	4.30	7.75	6.14	5.74	5.89	0.49	7.40	37.71
FJIP-83	4.53	8.21	7.48	6.10	5.62	1.08	8.90	41.92
Promedio	3.51 ± 0.83a	6.86 ± 1.3a	5.86 ± 1.12a	6.47 ± 0.64a	5.31 ± 0.48a	0.78 ± 0.32b	8.83 ± 0.3a	37.62
Cultivado								
FJM ²	2.81	4.95	6.42	7.00	4.99	1.23	5.03	32.43
Durango-222	2.93	5.07	6.75	6.56	4.47	0.44	5.09	31.31
Promedio	2.87 ± 0.09a	5.01 ± 0.09b	6.58 ± 0.23a	6.78 ± 0.31a	4.73 ± 0.04b	0.84 ± 0.6b	5.06 ± 0.04b	31.87
FAO/WHO ³	3.5	6.5	5.0	2.5	3.5	2.5	6.5	

¹J/L = Jesús Sánchez/Lorenzo Ordaz; J/M/A = Jesús Sánchez/Mario/Aguilar; FJIP = Francisco J. Ibarra Pérez.

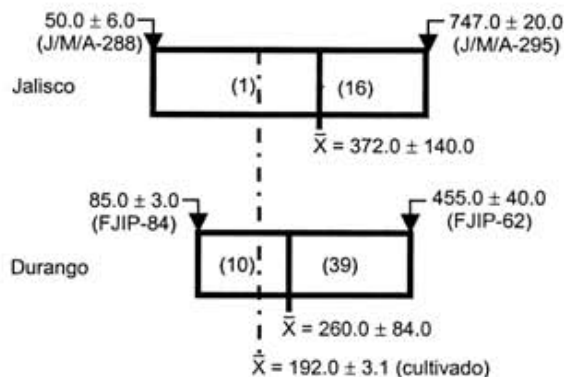
²Flor de Junio Marcela

³Young *et al.*, 1998; Organización para la Alimentación y la Agricultura; Organización Mundial de la Salud.

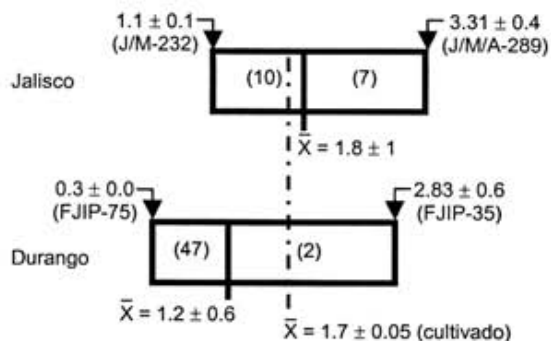
a-b: Promedios en la misma columna con letra diferente son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

Fuente: Guzmán-Maldonado *et al.*, 2000

A) Calcio



B) Zinc



C) Hierro

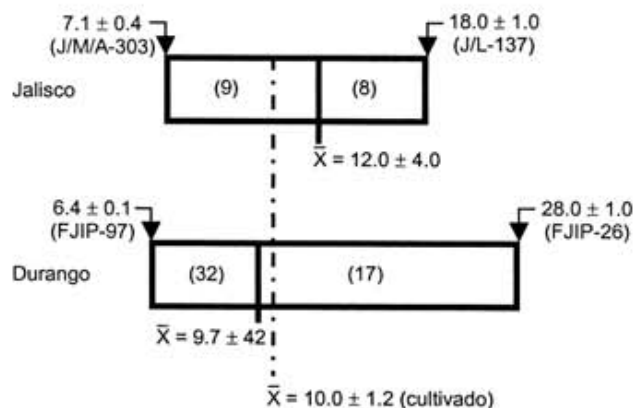


Figura 2. Distribución del contenido de calcio, zinc y hierro (mg/100 g, b.s.) de frijol común silvestre, enmalezado y cultivado. El promedio ($\pm$ desviación estándar) mostrado en las esquinas superior derecha e izquierda de los rectángulos es el contenido de las muestras con mayor y menor contenido de mineral, respectivamente. Los números de accesión del INIFAP están colocados en los paréntesis. La línea continua dentro de los rectángulos muestra la media para los frijoles silvestres y enmalezados, mientras que la línea discontinua indica la media para los frijoles cultivados. Dentro de los rectángulos, el número entre paréntesis es el número de muestras con menor (lado izquierdo) y mayor (lado derecho) contenido de proteína que la media de todas las muestras recolectadas en cada localidad.

b. s. = base seca

Fuente: Guzmán-Maldonado *et al.*, 2000.

como progenitor para mejorar la calidad del frijol cultivado y así mejorar la calidad nutrimental de la dieta del mexicano.

Polifenoles en frijol

En un estudio con frijol común silvestre, criollo, mejorado y ayocote (*P. coccineous* L.) se evaluó el contenido de polifenoles totales en el grano, donde se encontró que fue mayor ($p < 0.05$) en grano completo y testa del frijol ayocote, que en el frijol común (Cuadro 4). Los polifenoles son agentes antioxidantes y antimutagenéticos muy efectivos. Se evaluó la capacidad antimutagenética de los polifenoles del frijol silvestre, criollo y ayocote contra la aflatoxina B1 (AFB1). Se observó que con 20 mg de frijol ayocote se inhibió la capacidad antimutagenética de esta en 77%; mientras que para el frijol criollo se requirieron 80 mg de muestra para alcanzar un nivel similar de inhibición (Cuadro 5). El frijol silvestre inhibió 47% a la AFB1 con 11.5 mg de muestra.

Se determinó la capacidad antioxidante de los polifenoles del frijol silvestre, criollo y ayocote con el método del β -caroteno, y la capacidad antirradical mediante el método del 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) (Frenkel y Meyer, 2000). La diferencia entre ambos métodos radica en que en el primero se determina la capacidad que tienen los polifenoles de evitar que el β -caroteno sufra oxidación y en el segundo (DPPH) se cuantifica la capacidad de los polifenoles de apagar los radicales DPPH.

Con fines comparativos, se utilizaron los antioxidantes sintéticos Trolox e hidroxitolueno butilado (BHT). La

cantidad de polifenoles de los materiales de frijol requerida para obtener la misma actividad antioxidante fue de entre 31.2 y 125 μ M equivalentes de catequina, cantidad menor que la que se utilizó de los antioxidantes sintéticos que fue de 62.5 a 500 μ M (Cuadro 6). Con respecto a la actividad antirradical del DPPH, se requirieron cantidades menores de polifenoles de frijol que de antioxidantes sintéticos para obtener actividades antirradicales similares; esto indica que pequeñas porciones de frijol pueden tener un efecto importante sobre la salud humana en lo que respecta a la protección en contra de agentes mutagénicos y oxidantes; estos resultados demuestran el potencial nutraceutico del frijol crudo.

Fitoquímicos en Frijol

La evaluación de los fitoquímicos de frijol es importante para determinar el efecto genético y ambiental sobre el contenido de estos compuestos, que es esencial para que los fitomejoradores puedan desarrollar variedades con altos contenidos de compuestos nutraceuticos. Con este propósito se evaluó el contenido de inhibidores de tripsina, taninos y lectinas en cinco variedades de frijol (Flor de Mayo Criollo, Flor de Mayo M-38, Flor de Junio Marcela, Bayo Victoria y Pinto Villa) que se sembraron en cinco localidades del Altiplano Mexicano (Aguascalientes, Chihuahua, Durango, Guanajuato y Jalisco) (De Mejía *et al.*, 2002). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el contenido de estos fitoquímicos tanto entre variedades como entre localidades (Cuadro 7). Se observó que los materiales pertenecientes a la raza Jalisco presentaron mayor contenido de inhibidores de tripsina y taninos que los de la raza Durango. Asimismo, las variedades

Cuadro 4. Contenido de polifenoles totales en tres tipos de frijol común y frijol ayocote. Celaya, Gto., México.

Tipo de frijol	Polifenoles (mg EC/g)		
	Semilla completa	Testa	Concentrado*
Silvestre (<i>P. vulgaris</i>)	0.37 $\pm$ 0.07	ND	3.8 $\pm$ 0.64
Criollo (<i>P. vulgaris</i>)	3.29 $\pm$ 0.24	32.4 $\pm$ 2.4	303.3 $\pm$ 81.20
Cultivado (<i>P. vulgaris</i>)	3.10 $\pm$ 0.80	ND	ND
Ayocote (<i>P. coccineous</i>)	11.84 $\pm$ 0.56	131.8 $\pm$ 6.22	839.0 $\pm$ 106.40

EC = equivalentes de catequina, ND = no disponible.

*Extracción liofilizada de los polifenoles de la testa.

Cuadro 5. Actividad antimutagénica de los polifenoles presentes en la testa de frijol contra la mutagenicidad inducida por aflatoxina B1 en TA100. Celaya, Gto., México.

Frijol (mg) ¹	Polifenoles ² (µg-eq (+) catequina)	Número de Colonias Revertantes/caja	Inhibición ³ (%)
Ayocote			
0.0	0.0	402 ± 48	0
0.6	12.5	173 ± 23	57
2.6	50	136 ± 22	66
5.1	100	125 ± 13	69
10.3	200	116 ± 9	71
20.5	400	92 ± 4	77
Común criollo			
0.0	0.0	426 ± 66	0
2.0	12.5	221 ± 23	48
10.0	50	190 ± 46	55
20.0	100	154 ± 40	64
40.0	200	166 ± 36	61
80.0	400	127 ± 36	70
Común silvestre			
0.0	0.0	402 ± 9	0
1.43	0.75	348 ± 38	13
2.07	1.5	297 ± 37	26
5.75	3.0	259 ± 23	36
11.5	6.0	214 ± 19	47

En todos los tratamientos se aplicaron 0.5 µg/tubo de aflatoxina B1.

¹Los mg de frijol (semilla completa) que corresponden a la cantidad de polifenoles.

²Miligramos equivalentes de catequina (µg-eq (+) catequina), aplicados a cada tubo.

³Inhibición (%) = $100 - [X_1/X_2(100)]$, X_1 = Número de colonias revertantes por caja en presencia de frijol, X_2 = Número de colonias revertantes por caja en ausencia de frijol.

contribuyeron con 56% a la variabilidad observada en el contenido de los inhibidores de tripsina, mientras que el sitio y la interacción sitio x cultivar contribuyeron con 17% y 21.9%, respectivamente. Con respecto a los taninos, el genotipo contribuyó con el 56% a la variabilidad, mientras que el sitio y la interacción sitio x cultivar contribuyeron con 15.6% y 18.7%, respectivamente. En el caso de las lectinas, el sitio explicó 71% de la variabilidad encontrada y el sitio x cultivar 22%. Con base en estos resultados, el mejoramiento para el contenido de los inhibidores de tripsina y taninos será más fácil que para las lectinas.

Cuadro 6. Actividad antioxidante de frijol común (*P. vulgaris*) y frijol ayocote (*P. coccineus*) con los métodos β-caroteno y DPPH. Celaya, Gto. México.

Muestra	β-caroteno ¹	DPPH
Control	0.0	0.0
Antioxidante sintético		
Trolox (250µM) ²	5.46	22.10
Trolox (125µM)	6.55	9.65
Trolox (62.5µM)	8.14	3.46
BHT ³ (500µM)	3.45	50.81
BHT (250µM)	3.86	26.86
BHT (62.5µM)	4.39	3.25
Frijol		
Ayocote (125µM)	6.56	22.16
Ayocote (62.5µM)	6.92	12.56
Ayocote(31.25µM)	8.07	6.42
Criollo (125µM)	5.20	20.63
Criollo (62.5µM)	5.76	10.33
Criollo (31.25µM)	6.96	5.68
Silvestre (125µM)	6.42	29.18
Silvestre (62.5µM)	6.88	16.23
Silvestre (31.25µM)	7.51	7.38

DPPH = 2,2-Difenil - 1 - picrilhidrazilo

¹Actividad antioxidante

²µM de polifenoles expresados como + catequina

³BHT = Hidroxitolueno butilado

COMENTARIOS FINALES

1. Con base en los pocos estudios que actualmente realizan investigadores mexicanos sobre las propiedades nutraceuticas del frijol, se ha demostrado que este alimento contiene fitoquímicos de trascendencia para la salud humana en relación con algunas de las principales enfermedades como: diferentes tipos de cáncer, diabetes y enfermedades cardiovasculares, entre otras.

2. La soya es la leguminosa que históricamente se ha utilizado para estudiar el papel nutraceutico de los fitoquímicos de esta familia. Debido al alto consumo que tienen el maíz y frijol en nuestro país también se deben realizar estudios epidemiológicos, así como la caracterización y evaluación de los efectos de estos alimentos en la salud humana. Asimismo, es necesario

Cuadro 7. Contenido de inhibidores de tripsina, taninos y pectinas en cinco materiales sembrados en varias localidades del Altiplano de México. Celaya, Gto., México.

Cultivar	Aguascalientes	Chihuahua	Durango	Guanajuato	Jalisco	Promedio
Inhibidores de tripsina (UIT ^a /mg)						
Flor de Mayo Criollo J	10.2	9.6	12.2	12.4	11.1	11.1
Flor de Mayo M-38 J	11.9	12.5	10.3	13.6	11.1	11.9
Flor de Junio Marcela J	11.6	10.9	11.3	11.4	14.5	11.9
Bayo Victoria D	9.2	7.0	7.1	8.4	10.0	8.3
Pinto Villa D	6.3	6.7	6.8	8.4	10.8	7.9
Promedio	9.8	9.3	9.5	10.8	11.5	
DMS ^b entre cultivares = 1.97						
DMS entre sitios = 3.01						
Taninos (mg Ec ^c /g)						
Flor de Mayo Criollo J	24.28	38.61	37.65	17.84	26.38	28.95
Flor de Mayo M-38 J	37.34	35.52	44.22	36.09	37.32	38.09
Flor de Junio Marcela J	34.98	38.11	37.34	17.09	36.83	32.9
Bayo Victoria D	20.39	19.24	17.54	16.82	10.06	16.78
Pinto Villa D	17.74	18.84	27.15	20.00	15.91	19.92
Promedio	26.92	30.06	32.85	21.56	25.29	
DMS entre cultivares = 8.48						
DMS entre sitios = 13.28						
Actividad hemaglutinante ^d (UAH ^e /g)						
Flor de Mayo Criollo J	2.47	0.81	2.85	2.31	0.42	1.77
Flor de Mayo M-38 J	0.85	0.66	3.39	2.50	0.42	1.56
Flor de Junio Marcela J	1.96	0.84	1.70	2.43	0.96	1.57
Bayo Victoria D	1.89	0.47	3.20	5.45	0.45	2.28
Pinto Villa D	1.50	0.33	2.68	2.90	0.38	1.47
Promedio	1.63	0.62	2.76	3.12	0.53	
DMS entre cultivares = 8.48						
DMS entre sitios = 13.28						

^aUnidades de tripsina inhibidos, ^bDiferencia mínima significativa ($p < 0.05$), ^cEquivalentes de catequina, ^dLectinas, ^eUnidades de actividad hemaglutinante.

J = raza Jalisco, D = raza Durango

Fuente: De Mejía *et al.*, 2002.

reevaluar los compuestos del frijol que tradicionalmente se consideran antinutricionales y determinar sus propiedades nutraceuticas.

3. En México el interés por los alimentos nutraceuticos se incrementa a través de la investigación y difusión de los conocimientos sobre los fitoquímicos en granos alimenticios, y éste aumentará conforme se acumulen más pruebas con relación al efecto que tienen sobre la salud humana. Se espera que la difusión cotidiana de

esos conocimientos ayude a modificar los hábitos en la alimentación de la población y, con ello, probablemente se estén viviendo los albores de la caída en las ventas de los alimentos industrializados, sobre todo de aquellos sin valor nutraceutico sino, por el contrario, con un claro efecto nocivo como los que presentan alto contenido de grasas saturadas.

4. Es importante que la Secretaría de Salud realice campañas sobre las propiedades nutraceuticas del frijol

en todos los sectores de la población del país y, sobre todo, en aquellas familias que tienden a abandonar el consumo regular de este grano, ya que los Aztecas y los Incas le atribuyeron propiedades medicinales y en ciertos casos mágicos a éste y a otros alimentos que se consumen normalmente en México.

LITERATURA CITADA

- Anderson, J. W. 1996. Phytoestrogen effects in humans relative to risk for cardiovascular disease, breast cancer, osteoporosis, and menopausal symptoms. In: Pavlik, E. J. (ed.) Estrogens, Progestins, and their Antagonists. Boston, Birkhauser. p.51-71.
- Anderson, J., W.; Smith, B. M. and Washnock, C. S. 1999. Cardiovascular and renal benefits of dry bean and soybean intakes. Am. J. Clin. Nutr. 70 (suppl): 464S-474S.
- Ayakawa, K.; Mizutani, J.; Wada, K.; Masai, T.; Yoshihara, I. and Mitsuoka, T. 1990. Effect of soybean oligosaccharides on human fecal flora. Microbiol. Ecol. Health Dis. 3:293-303.
- Benno, Y.; Endo, K.; Mizutani, T.; Namba, Y.; Komori, T. and Mitsuoka, T. 1989. Comparison of fecal microflora of elderly persons in rural and urban areas of Japan. Appl. Environ. Microbiol. 55:1100-1105.
- Carbonaro, M.; Grant, G.; Cappelloni, M. and Pusztai, A. 2000. Prospectives into factors limiting in vivo digestion of legume proteins: antinutritional compounds or storage proteins? J. Agric. Food Chem. 48:742-749.
- Cardador-Martínez, A.; Castaño-Tostado, E. and Loarca-Piña, G. 2002. Antimutagenic activity of natural phenolic compounds present in the common bean (*Phaseolus vulgaris*) against aflatoxin B1. Food Add. Contam. 19:62-69.
- Castellanos, J. Z.; Guzmán-Maldonado, H.; Jiménez, A.; Mejía, C.; Muñoz-Ramos, J. de J.; Acosta-Gallegos, J. A.; Hoyos, G.; López-Salinas, E.; González-Eguarte, D.; Salinas-López, R.; González-Acuña, J.; Muñoz-Villalobos, J. A.; Fernández-Hernández, P. y Cásares, B. 1997. Hábitos preferenciales de los consumidores del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 27:163-167.
- Chaudhari, R. 1999. Foods of the future: The impact of functional foods in cereal industry. Cereal Foods World 44(2):93-95.
- Chung, K. T.; Wong, T. Y.; Wei, C. I.; Huang, Y-W. and Lin, Y. 1998. Tannins and human health: A review. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 38:421-464.
- De Mejía, E.; Castano-Tostado, E. and Loarca-Piña, G. 1999. Antimutagenic effects of natural phenolic compounds in beans. Mutat. Res. 441:1-9.
- De Mejía, E.; Guzmán-Maldonado, S. H.; Acosta-Gallegos, J.; Reynoso-Camacho, R.; Ramírez-Rodríguez, E.; Pons, J. L.; Castellanos, J. y Kelly, J. D. 2002. Nutraceutical components of common bean grown in the semiarid highlands of Mexico. (en prensa) J. Agric. Food Chem.
- De Oliveira, A. C.; Vidal, B. D. and Sgarbieri, V. C. 1989. Lesions of intestinal epithelium by ingestion of bean lectins in rats. J. Nutr. Sci. Vitaminol. (Tokyo). 35:315-322.
- Dillard, C. J. and German, J. B. 2000. Phytochemicals: nutraceuticals and human health. J. Sci. Food Agric. 80:1744-1756.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. 2001. El frijol en México competitividad y oportunidad de desarrollo. Boletín Informativo 316, Vol. XXXIII de Fideicomisos en Relación con la Agricultura Banco de México. 87 p.
- Fordyce, E. J.; Forbes, R. M.; Robbins, K. R. and Erdman, Jr. J. W. 1987. Phytate x Calcium/Zinc molar ratios: Are they predictive of zinc bioavailability? J. Food Sci. 52: 440-444.
- Fotsis, T.; Pepper, M.; Adlercreutz, H.; Hase, T.; Montesano, R. and Schweigener, L. 1995. Genistein, a dietary ingested isoflavonoid, inhibits cell proliferation and in vitro angiogenesis. J. Nutr. 125:790-797 Suppl.
- Frankel, E. W. and Meyer, A. S. 2000. The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. J. Sci. Food Agric. 80:1925-1941.
- Frossard, E.; Bucher, M.; Mächer, F.; Mozafar, A. and Hurrell, R. 2000. Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn, and Ca in

- plants for human nutrition. *J. Sci. Food Agric.* 80:861-879.
- Geil, P. B. and Anderson, J. W. 1994. Nutritional and health implications of dry bean: a review. *J. Am. Coll. Nutr.* 13:549-558.
- Goldschmidt, D.; Gordower, L.; Berthe, J. V.; Remmeling, M.; Decaestecker, C.; Petein, M.; Salmon, I.; Kiss, R.; and Danguy, A. 1997. Contribution of quantitative lectin histochemistry to characterizing well-differentiated, dedifferentiated and poorly differentiated liposarcomas. *Anal. Quant. Cytol. Histol.* 19:215-226.
- Guzmán-Maldonado, S. H. and Paredes-López, O. 1998. Functional products of plants indigenous to Latin America: Amaranth, quinoa, common bean and botanicals. *In: Mazza, G. (ed). Functional Foods. Biochemical & Processing Aspects.* Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster, PA, p. 293-328.
- Guzmán-Maldonado, S. H. y Paredes-López, O. 1999. Biotechnology for the improvement of nutritional quality of food crop plants. *In: Paredes-López, O. (ed.) Molecular Biotechnology for Plant Food Production.* Technomic Publishing Co., Inc. Lancaster, PE. p. 553-620.
- Guzmán-Maldonado, S. H.; Acosta-Gallegos, J.; and Paredes-López, O. 2000. Protein and mineral content of a novel collection of wild and weedy common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Sci. Food Agric.* 80:1874-1881.
- Guzmán-Maldonado, S. H.; Acosta-Gallegos, J. A.; Martínez, O. and Paredes-López, O. 2002. Putative quantitative trait loci for physical and chemical components of common beans. *Crop Sci.* (en prensa).
- Hagerman, A. E.; Riedl, K. M.; Jones, G. A.; Sovik, K. N.; Ritchard, N. T.; Hartzfeld, P. W. and Riechel, T. L. 1998. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* 46:1887-1892.
- Hernández-Infante, M.; Sousa, V.; Montalvo, I. and Tena, E. 1998. Impact of microwave heating on hemagglutinins, trypsin inhibitors and protein quality of selected legume seeds. *Plant Foods Hum. Nutr.* 52:199-208.
- Herzing, K. H.; Bardocz, S.; Grant, G., Nustede, R.; Folsch, U. R. and Pusztai, A. 1997. Red kidney bean lectin is a potent cholecystodinin releasing stimulus in the rat inducing pancreatic growth. *Gut* 41:333-338.
- Hymowitz, T. 1986. Genetics and breeding of soybean lacking the Kunitz trypsin inhibitor. *Adv. Exper. Med. Biol.* 199:291-298.
- Katyal, R.; Rana, S. V.; Ojha, S.; Vaiphei, K.; Singh, V. and Singh, K. 2001. Soybean trypsin inhibitor confers protection against rotavirus infection in infant mice. *Trop. Gastroenter.* 22: 207-210.
- Kerstetter, J. E. and Allen, L. H. 1989. Dietary protein increases urinary calcium. *J. Nutr.* 120:134-136.
- Messina, M. J. 1999. Legumes and soybean: overview of their nutritional profiles and health effects. *Am. J. Clin. Nutr.* 70 (suppl): 439S-450S.
- Meyskens, F. L. 2001. Development of Bowman-Birk inhibitor for chemoprevention of oral head and neck cancer. *Ann. New York Acad. Sci.* 952:116-123.
- Muñoz, M. y Chávez, A. 1998. El impacto del maíz fortificado con proteínas y micronutrientes en una comunidad rural. Informe técnico de la evaluación anual sobre el efecto nutricional de la harina de maíz nixtamalizada fortificada. Yosphi-El Rincón, San Ildefonso, Querétaro, México. Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán. 20p.
- Pryme, I. F.; Pusztai, A.; Bardocz, S. and Ewen, S. W. 1999. The growth of an established murine non-Hodgkin lymphoma tumour is limited by switching to a phytohemagglutinin-containing diet. *Cancer Lett.* 146: 87-91.
- Quirce, S.; Fernández-Nieto, M.; Polo, F. and Sastre, J. 2002. Soybean trypsin inhibitors is an occupational inhalant allergen. *J. Allergy Clin. Immunol.* 109:178.
- Rackis, J. J.; Sessa, D. J.; Steggerda, F. R.; Shimimizu, T.; Anderson, J. and Pearl, S. L. 1970. Soybean factors relating to gas production by intestinal bacteria. *J. Food Sci.* 35:635-639.
- Raines, E. W. and Ross, R. 1995. Biology of atherosclerotic plaque formation: possible role

- of growth factors in lesion development and the potential impact of soy. *J. Nutr.* 125:624-630 Suppl.
- Remer, T. and Marz, F. 1994. Estimation of the renal net acid excretion by adults consuming diets containing variable amounts of protein. *Am J. Clin. Nutr.* 59:1356-1361.
- Reyes-Moreno, C. and Paredes-López, O. 1993. Hard-to-cook phenomenon in common beans- A review. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 33:227-286.
- Rosado, J. L.; López, P.; Morales, M., Muñoz, E. and Allen, L. H. 1992. Bioavailability of energy, nitrogen, fat, zinc, iron and calcium from rural and urban Mexican diets. *British Journal of Nutrition* 68: 45-58.
- USDA, 1992. US Department of Agriculture. The food guide pyramid. Hyattsville, MD: Human Nutrition Information Service, 1992. (Publication HG252.)
- Vinson, J. A. 1999. The functional food properties of figs. *Cereal Foods World* 44(2):82-87.
- Williams, J. K. and Clarkson, T. B. 1998. Dietary soy isoflavones inhibit in vitro constrictor responses of coronary arteries to collagen induced platelet activation. *Coron. Artery Dis.* 9:759-764.
- Yavelow, J.; Finlay, T. H.; Kennedy, A. R.; and Troll, W. 1983. Bowman-Birk soybean protease inhibitors as an anticarcinogen. *Cancer Res.* 43:2454s-2459s.
- Young, V. R. 1991. Soy protein in relation to human protein and amino acid nutrition. *JAMA* 91:828-835.