

FACTORES ANTINUTRICIONALES EN SEMILLAS

ANTINUTRITIONAL FACTORS IN EATABLE SEEDS

ANA DE DIOS ELIZALDE¹, YAMID P. PORRILLA² Y DIANA CAROLINA C. CHAPARRO³

PALABRAS CLAVES:

Semillas, antigénicos, saponinas, oligosacáridos, inhibidores de proteasas, lectinas, ácido fítico.

KEY WORDS:

Seeds, antigens, saponins, oligosaccharide, inhibitors of proteases, lectin, acid fitico.

RESUMEN

El presente artículo proporciona una revisión de los conocimientos relacionados con los factores antinutricionales, más comunes, presentes en algunos alimentos, especialmente en semillas comestibles. Además se incluyen datos relacionados con su naturaleza química, efectos sobre los procesos digestivos y aprovechamiento de nutrientes, posibles formas de inactivación, y algunos efectos benéficos para la salud o propiedades terapéuticas.

ABSTRACT

The present article gives a review of knowledge on several aspects, inherent in the factors antinutritional. There is included the information about biochemical nature, its presence in some foods, especially in eatable seeds. There are analyzed aspects related with its nutritional meaning, as effects over the digestive process and the utilization of nutrients; possible forms of inactivation and some beneficial effects for the health and the therapeutics properties.

Recibido para evaluación: Febrero 6 de 2009. Aprobado para publicación: Mayo 5 de 2009

1 Bióloga-Química, M.Sc. Ciencias de los Alimentos y Nutrición. Docente Universidad del Cauca.

2 Ingeniero Agroindustrial. Universidad del Cauca

3 Ingeniera Agroindustrial. Universidad del Cauca

INTRODUCCIÓN

Las semillas de cereales y leguminosas son alimentos completos; contienen simultáneamente carbohidratos, proteínas, lípidos, y algunos micronutrientes como vitaminas y minerales, disponibles para la alimentación directa e indirecta del hombre; razón por la cual durante muchos años han constituido la fuente principal para el suministro de energía y proteína dietaria humana, especialmente en los países pobres; sin embargo, algunas semillas, especialmente las leguminosas presentan en su composición sustancias antinutricionales. Por tanto, el conocimiento relacionado con la naturaleza y comportamiento de los factores antinutricionales, conduce a un mejor aprovechamiento del gran potencial nutricional de las semillas

El término antinutrientes se utiliza para calificar a aquellos compuestos que afectan el valor nutricional de algunos alimentos, especialmente semillas, pues dificultan o inhiben la asimilación de nutrientes que provienen de alimentos generalmente de origen vegetal (proteínas y minerales); desde el punto de vista bioquímico estos factores son de naturaleza variada y pueden llegar a ser tóxicos o causar efectos fisiológicos poco deseables como la flatulencia; distensión estomacal, afectaciones pancreáticas, aglutinación de glóbulos rojos, disminución en la asimilación de nutrientes, entre otros; los factores antinutricionales son sustancias naturales no fibrosas, generadas por el metabolismo secundario de las plantas como mecanismo de defensa a situaciones estresantes o contra el ataque de mohos, bacterias, insectos y aves [1,2,3,4,5,6,7]; un ejemplo de estos son los taninos, los cuales son sintetizados durante el desarrollo de la semilla y la planta las utiliza como fuente de aminoácidos aunque su principal función parece ser la defensa de la planta frente a hongos, insectos y nemátodos [1].

Así pues, la denominación de ‘antinutricional’, dada a estos compuestos, es adoptada a partir del enfoque que los ve como recursos alimenticios para animales y humanos y no de las funciones que cumplen en los tejidos de los vegetales que los contienen.

Se han desarrollado un buen número de estudios en los que se revela que estos compuestos en pequeñas cantidades, pueden ser muy beneficiosos en la prevención de enfermedades; razón por la cual ahora se les ha denominado “compuestos no nutritivos”, o “factores nutricionalmente bioactivos”, ya que si bien carecen de valor nutritivo, no resultarían perjudiciales en pequeñas cantidades. Esto ha llevado a considerar a todos aquellos alimentos que contengan compuestos no nutritivos, como alimentos funcionales, debido a que estos compuestos son calificados como fitoquímicos que reportan beneficios para la salud humana [3, 4, 7, 8].

Los factores antinutricionales pueden clasificarse como **termo estables y termo lábiles**; los factores **termo estables** incluyen: factores antigénicos, oligosacáridos y aminoácidos no proteicos tóxicos, saponinas, estrógenos, cianógenos, fitatos; siendo los más importantes: los factores antigénicos, los oligosacáridos, las saponinas y los fitatos. Así mismo, entre los factores **termo lábiles** se encuentran, los inhibidores de proteasas (tripsina y quimotripsina), lectinas, goitrogénicos y anti-vitaminas; siendo los más importantes los inhibidores de proteasas y las lectinas [5,7].

Componentes antigénicos

Son macromoléculas que se encuentran en el maní y en leguminosas como la soya; igualmente, pueden estar presentes en alimentos como la leche, los huevos, el pescado, los mariscos, el chocolate y los hongos. Estas moléculas, luego de ser absorbidas, son reconocidas por el sistema inmunológico como extrañas; éste responde produciendo anticuerpos para eliminarlas (respuesta inmune humoral), pudiendo decirse que son los responsables de algunas alergias alimenticias, las reacciones que causan este tipo de sustancias pueden ser muy variadas; por ejemplo: la leche de vaca suele ocasionar reacciones alérgicas de sintomatología gastrointestinal, mientras que los cítricos y las fresas tienden más a provocar una sintomatología cutánea [5, 9, 10].

Las proteínas antigénicas son capaces de cruzar la barrera del epitelio de la mucosa intestinal dañándola y

produciendo efectos negativos en la función inmune de los consumidores. Este tipo de factores pueden producir reacciones inmunes locales y sistémicas junto con una reducción de la digestibilidad aparente de la proteína, anomalías en el movimiento intestinal, disminución de la absorción de nutrientes, predisposición a diarreas, pérdidas de peso y ocasionalmente muertes [5, 7, 10].

Los componentes antigénicos se caracterizan por su resistencia a la desnaturalización por procedimientos térmicos convencionales, y al ataque enzimático que tiene lugar en el sistema digestivo. Sin embargo, al ser proteínas, las condiciones de procesado pueden influir en la concentración de antígenos al alterar la estructura inmunoquímica de las proteínas e influir en la digestibilidad de las proteínas antigénicas. Las enzimas proteolíticas son más eficaces en la reducción de los niveles de antígenos; por lo que procesos como la germinación y la fermentación o una combinación de estos pueden ser una solución a este tipo de factores ya que activan las reacciones enzimáticas en las semillas [5, 10, 11, 12].

Oligosacáridos de la rafinosa, α -galactósidos

Los oligosacáridos están formados por residuos -D-galactopiranosil unidos por la unidad glucosa de la sacarosa. La unidad base es la sacarosa a la que se une una molécula de galactosa formando la rafinosa; a ésta se le une una o dos moléculas del mismo azúcar resultando la estaquiosa y la verbascosa, respectivamente [8, 13, 14, 15]. Han sido definidos como compuestos de azúcares hidrosolubles que están presentes en cantidades variables y son constituyentes de reserva en órganos vegetativos y en semillas de numerosas plantas; se sintetizan y se acumulan en el citosol de los cotiledones durante el desarrollo de la semilla y su concentración varía dependiendo de la especie así como de la variedad dentro de una misma leguminosa [4].

Estos compuestos no son digeridos por el hombre y los animales monogástricos debido a la ausencia de la enzima α -1,6-galactosidasa en su mucosa intestinal. Al no ser digeridos en el tracto digestivo humano, estos

azúcares no pasan a la sangre sino al colon donde son fermentados por bacterias intestinales sacarolíticas, que utilizan los carbohidratos como fuente de energía; la fermentación de estos compuestos por parte de las bacterias conduce a una reacción que resulta en la producción de gases como el dióxido de carbono, el hidrógeno, el metano, entre otros. Esta reacción, es la responsable de la flatulencia, del aumento de la motilidad intestinal, náuseas, contracciones musculares y diarreas. Los oligosacáridos de la rafinosa, y estaquiosa, también tienen un papel importante en nutrición, ya que se consideran responsables de reducir la digestibilidad de las proteínas de los alimentos al inhibir la actividad enzimática [13, 14, 15, 16, 17, 18].

Sin embargo, algunos estudios [13, 15, 18, 19], sugieren que estos compuestos pueden tener un efecto favorable sobre el metabolismo de lípidos y carbohidratos similar al de la fibra ingerida en la dieta, dándole a los oligosacáridos propiedades prebióticas; como el hombre no puede digerir estos compuestos, llegan al colon donde son fermentados por las bacterias intestinales, produciendo además de gases, ácidos grasos de cadena corta (AGCC) propionato y butirato; igualmente, generan un descenso del pH por lo que actúan como fibra dietética, disminuyendo el colesterol y el índice glicémico de los alimentos que los contienen; además, disminuyen el riesgo de padecer cáncer de colon, ya que se ha visto que el ácido butírico induce la apoptosis de células tumorales in vitro; se considera que el butirato es el principal nutriente de las células epiteliales que revisten el colon estimulando su crecimiento; los ácidos grasos de cadena corta son absorbidos en el colon en un 90-95% llegando al hígado donde pueden ser usados como fuente energética o incorporarse a las rutas de lipogénesis o gluconeogénesis. Así pues, estas propiedades hacen de los oligosacáridos, en cantidades apropiadas, ingredientes funcionales en el desarrollo de productos alimenticios.

De otra parte, se ha visto que estos compuestos juegan un importante papel en la viabilidad de las semillas, observándose que las semillas con mayor porcentaje de α -galactósidos presentan mayor viabilidad. Asimismo,

se ha observado una acumulación de estos compuestos durante la etapa de maduración de las semillas; proporcionan un microambiente óptimo durante el tiempo de dormancia de las semillas, debido a la unión de las moléculas de agua a diferentes grupos hidroxilos, lo que protege a las membranas y a las moléculas bioactivas durante el proceso de desecación [13,14,17].

Saponinas

Las cuales son compuestos que poseen una estructura compleja formada por un núcleo esteroidal hidrofóbico y una parte hidrofílica constituida por unidades de monosacáridos, son glucósidos que determinan en gran parte el sabor amargo de algunas semillas como la soya cruda y la quinua sin desaponificar; las saponinas presentan poca actividad antinutricional, pues no perjudican al hombre en las cantidades que normalmente se encuentran después de adecuados los granos [20, 21]. Las saponinas poseen como propiedades comunes: la alta capacidad de formación de espumas en soluciones acuosas, su actividad hemolítica, ser tóxicas para los peces y la formación de complejos con el colesterol [21,22]. Las saponinas no se absorben en el intestino y por lo tanto afectan la absorción del zinc y el hierro [23,24].

No obstante, numerosos estudios indican que las saponinas tienen un amplio rango de actividades biológicas y efectos benéficos, tales como su acción antimicótica [26], antiviral [27], anticancer [28], hipolesterolemica [22, 23, 30], hipoglicémica [31], antitrombótica [32], diurética [33], antiinflamatoria [25] y molusquicida [34, 35]. Igualmente, se conoce que por hidrólisis de las saponinas se obtienen las sapogeninas esteroidales, de gran interés para la industria farmacéutica por ser precursores en la síntesis de hormonas y corticoides [21].

Inhibidores de proteasas

Estos factores se pueden definir como compuestos termo lábiles de naturaleza proteica, que alteran la digestión de las proteínas, inhibiendo la acción de las enzimas digestivas que se enfocan hacia la hidrólisis de las proteínas de la dieta; los más conocidos son los que

reaccionan con proteasas de serina, como la tripsina y la quimotripsina. Según algunos autores [1, 3, 5], los inhibidores de proteasas son los factores antinutricionales más conocidos; encontrados principalmente en semillas crudas de leguminosas, también se encuentran en otros alimentos como: los huevos, la leche, los productos lácteos y las papas; se ha estudiado la presencia de este factor principalmente en el ovomucoide de los huevos de aves, el amaranto, la soya y el frijol.

Estas enzimas contienen relativamente grandes cantidades de aminoácidos azufrados, incluyendo a la metionina. De esta forma, puesto que la metionina es el aminoácido limitante en algunas leguminosas como la soya, el efecto del inhibidor es incrementado por la pérdida de aminoácidos esenciales endógenos, ya que se encuentran en poca cantidad [1, 16, 36, 37].

Se identifican diez familias de inhibidores de proteasas en función de la secuencia de aminoácidos que las conforman, siendo tres las más ampliamente distribuidas: las familias Bowman-Birk (que actúa uniéndose a la tripsina y quimotripsina), Kunitz (que actúa uniéndose en forma preferente a la tripsina) y de la papa – 1 [3, 38].

Según algunos autores [3, 5, 38], el efecto más importante de los inhibidores de proteasas es la inhibición del crecimiento, producida principalmente por la inactivación de la tripsina y la quimotripsina, debido a la formación de complejos estables e inactivos; esto origina una hidrólisis incompleta de las cadenas peptídicas por parte de estas enzimas digestivas y por consiguiente, una disminución en la digestibilidad de la proteína; conjuntamente se ocasiona un aumento en la secreción pancreática de enzimas digestivas como tripsina, elastasa, amilasa y quimotripsina; todas estas ricas en aminoácidos, principalmente azufrados como la cisteína y la metionina dando como resultado la pérdida de proteína endógena rica en aminoácidos azufrados esenciales, además de la subutilización de la proteína dietaria.

Gran parte de la actividad de este inhibidor puede eliminarse utilizando diversos tratamientos como:

procesos térmicos, la germinación y la fermentación; estos tratamientos desnaturalizan las proteínas mejorando su digestibilidad. Sin embargo, un tratamiento por calor excesivo puede resultar en proteínas dañadas, disminución de los aminoácidos disponibles y una digestibilidad más baja de la proteína, lo que representa pérdida de calidad y riesgo en productos comerciales procesados [3, 5, 38].

Sin embargo, se ha demostrado, que la efectividad de los tratamientos por calor dependen del pH, la temperatura, el tiempo de calentamiento, las condiciones de humedad, el tamaño de partícula y el tipo de semillas; por tanto, es recomendable aplicar métodos combinados para minimizar el daño en la calidad nutricional del alimento y promover una mayor inactivación; por ejemplo, es recomendable después de germinar las semillas escaldarlas con agua hirviendo por tres minutos para inactivar el 90% de inhibidor [3, 5, 38].

No hay evidencia de que los inhibidores de proteasa tengan algún efecto adverso al crecimiento y la salud humana. De hecho, un número creciente de datos sugiere que estos compuestos pueden mejorar la salud humana a través de sus efectos preventivos del cáncer [39, 40, 41].

Taninos

Son compuestos polifenólicos de un amplio peso molecular que habitualmente se dividen en hidrolizables y condensados. Estos son capaces de unirse a enzimas, proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos, esteroides, saponinas, y formar complejos con el hierro del alimento, dificultando la digestión de los nutrientes [17, 36, 42]. Aunque hay diferencias químicas entre ellos, todos son compuestos fenólicos y pueden precipitar la proteína. La capacidad de ligar proteínas por los taninos, se ha considerado como un elemento importante para predecir sus efectos en sistemas biológicos [13, 37].

Ácido fítico

El ácido fítico, mioinositol hexakisfosfato (IP6), y sus sales derivadas constituyen la mayor reserva de fósforo

y mioinositol de las semillas de cereales y leguminosas [43]. Desde el punto de vista nutricional, el interés del ácido fítico se debe principalmente a su capacidad de formar complejos con minerales esenciales (Cu, Zn, Fe, K, Mg y Ca) [43, 44, 45], lo que disminuye la absorción intestinal y la biodisponibilidad de estos minerales para el hombre y los animales monogástricos; debido a que estos no están provistos de suficiente actividad de fosfatasas endógenas (fitasas) que sean capaces de liberar los minerales de la estructura del fitato. Además, los fitatos interaccionan con residuos básicos de proteínas formando complejos, como proteína-fitato y proteína-fitatomineral, por lo que se paralizan muchas reacciones enzimáticas a nivel digestivo [1, 46]. Sin embargo, se ha demostrado que durante el procesamiento de los alimentos y la digestión, la cantidad final de ácido fítico disminuye significativamente como consecuencia de su hidrólisis enzimática o química [44, 47, 48].

Algunos estudios [1, 7, 46], indican que los fitatos se encuentran tanto en semillas de maní, lupino, arveja, soya como en amaranto (en este último con una proporción aproximada de 0,34% a 0,61%). Sin embargo en dichos estudios, también se plantea que la interferencia de los fitatos de las semillas con el crecimiento y la utilización de los minerales en la dieta puede ser minimizada suplementando la misma con minerales; cabe destacar que la capacidad de usar fitatos en el hombre puede variar, por ejemplo en la India a pesar de los bajos niveles de calcio en la dieta, los huesos y los dientes calcifican normalmente ya que ha resultado una adaptación que permite un incremento en la secreción de fitasas en el tracto digestivo

Sin embargo, el consumo de fitatos no solamente tiene efectos negativos sobre la salud humana; algunos trabajos recientes muestran que las formas menos fosforiladas favorecen la absorción intestinal de minerales; disminuyen el índice glicémico pues inhiben la acción de las amilasas; quelan radicales 3^+ 2^+ de Fe y Zn por lo que previenen el cáncer de colon; actúan además como antioxidantes pues inhiben la peroxidasa y previenen la formación de cálculos renales pues se reduce la formación de cristales de hidroxipatita [3, 14, 17].

El ácido fólico también tiene efectos positivos en la reducción del colesterol sérico y los triglicéridos, la supresión de la oxidación mediada por el hierro y la prevención de algunos tipos de cáncer [44, 49, 50, 51, 52].

Lectinas

Este factor antinutricional pertenece a un grupo variado de proteínas no inmunes; conocido como hemaglutinas, ampliamente distribuidas en la naturaleza encontrándose en plantas, animales y organismos inferiores [53]. Las lectinas vegetales se presentan en forma de glicoproteínas, su efecto *in vitro* consiste en combinarse con las glicoproteínas de las membranas de los glóbulos rojos las cuales aglutinan o coagulan (de ahí el nombre de fitohemaglutinas). Su acción *in vivo* radica en su alta especificidad para reconocer carbohidratos [53, 54]; su principal efecto está relacionado con el hecho de que se adhieren a los carbohidratos sobre la superficie del intestino delgado (duodeno y yeyuno) y causan daños en la pared intestinal, afectando los procesos de absorción y transporte de nutrimentos a través de ella [1, 38, 55, 56].

Como consecuencia a la acción de las lectinas el intestino se vuelve más permeable, de ahí que las lectinas y otros péptidos puedan ser absorbidos y tengan efectos perjudiciales sobre el sistema inmunológico y sobre algunos órganos, la unión de las lectinas y la mucosa intestinal produce un cambio en la actividad de las enzimas digestivas, una hipersecreción de proteína endógena debido a la descamación de células dañadas, un aumento en la producción de mucinas y una pérdida de proteínas del plasma en el lumen intestinal; además, existe la posibilidad que, debido al daño que infligen las lectinas a la mucosa intestinal, algunas bacterias puedan encontrar una ruta de ingreso al sistema circulatorio y de esta forma infecten órganos internos; sin embargo el factor antitripsico tiene un mayor efecto deteriorativo que las lectinas cuando se evalúan por separado en dietas sobre la ganancia de peso y eficiencia alimenticia, además las lectinas son más susceptibles a la desnaturación por calor y el procesado que los inhibidores de la tripsina [5, 7, 38].

Suplementariamente, diversos estudios [38, 56, 57], indican que las lectinas han demostrado propiedades biológicas entre las que se puede incluir la interacción con sustancias específicas de grupos sanguíneos, mitogénesis, promoción de adhesión celular, inhibición de crecimiento micótico y un efecto similar al de la insulina en las células grasas actuando como insulinomiméticos; por lo que se pueden considerar como factores bioactivos pudiendo por tanto ser utilizadas de forma pura en reacciones biológicas para fines de diagnósticos clínicos e investigaciones de estructura de proteínas y carbohidratos en células, pudiendo obtener diversos tratamientos alternativos a enfermedades como lo es el cáncer.

Otros efectos benéficos han sido citados por algunos autores [1, 17, 36, 58], quienes plantean que estos compuestos inhiben el crecimiento tumoral debido a que disminuyen la absorción de nutrientes y por lo tanto un menor crecimiento celular; y que tienen un efecto similar a prebióticos ya que producen un aumento de la materia fermentable en el colon; igualmente, han sido considerados como coadyuvantes de la vacunación oral pues incrementan la producción de anticuerpos.

CONCLUSIONES

A pesar de que los factores antinutricionales, afectan el valor nutricional de algunas semillas; ya sea disminuyendo la asimilación de nutrientes, o causando efectos fisiológicos no deseables, hasta llegar a ser tóxicos; son de gran importancia, pues de alguna manera garantizan la culminación de la fase productiva de las semillas, en la medida que son elaboradas por las plantas, para ser utilizados como sustratos en la biosíntesis de algunos nutrientes, o como mecanismos de defensa a situaciones estresantes, o contra el ataque de hongos, bacterias, insectos, nematodos y aves. Por otra parte, numerosos estudios revelan que estos compuestos tienen efectos terapéuticos a nivel preventivo o curativo de ciertas enfermedades; pues de acuerdo con su naturaleza pueden actuar como prebióticos, hipocolesteromiantes, antitromboticos, anticancerigenicos, antioxidantes, hipoglucemiantes, y diuréticos.

Si bien los factores antinutricionales en su estado natural tienen efectos adversos sobre el aprovechamiento de nutrientes, o sobre la salud; estudios recientes han demostrado que no resultan perjudiciales en pequeñas cantidades. De otro lado, los factores antinutricionales que son termolábiles, son inactivados o destruidos mediante prácticas como la cocción, el escaldado, el tostado y la extrusión; las cuales a excepción de la extrusión son aplicadas de forma cotidiana en la preparación de alimentos; los factores termoestables pueden eliminarse mediante la combinación de otros métodos sencillos como la germinación, el remojo, la fermentación, la cocción y/o el escaldado; produciendo adicionalmente un aumento en la digestibilidad y mejoramiento de las propiedades organolépticas de las semillas tratadas.

Así, el estudio de los factores antinutricionales o compuestos bioactivos en semillas, constituye un vasto campo para la investigación de estos, bajo diferentes enfoques (agronómico, nutricional y terapéutico).

REFERENCIAS

- [1] DUFFUS, Carol y SLAUGHTER, Colin. Las semillas y sus usos. México : A.G.T., 1985. p.10-11, 18-21, 32-35, 102-107, 122.
- [2] D'MELLO, J. Anti-nutritional Factors and Mycotoxins. En: Farm Animal Metabolism and Nutrition. CABI Publishing. Wallingford, Inglaterra, 2000. p.383-403.
- [3] MUZQUIZ, M. et al. Factores no-nutritivos en fuentes proteicas de origen vegetal : Su implicación en nutrición y salud [en línea]. BRAZILIAN JOURNAL OF FOOD TECHNOLOGY [Río de Janeiro, Brasil]: 2006 [citado 25 enero de 2008]. Disponible desde Internet URL: <http://www.ital.sp.gov.br/bj/bj_old/brazilianjournal/ed_especial_b/cor-15.pdf>
- [4] BRUGGINK, J. H. B. Utilización de concentrados de proteína de soja en dietas de animales jóvenes. En : Curso de especialización de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal – FEDNA. (10º: 1993: Barcelona) Memorias del IX curso de especialización FEDNA. Barcelona: FEDNA, 1993.
- [5] BELMAR, Roberto. Importancia de los factores antinutricionales en la alimentación de animales no rumiantes. En: Congreso de veterinaria. (10º: 2001: Trujillo) Memorias del X congreso de veterinaria. Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria Zootecnia, 2001. p. 34-54.
- [6] ABREU, Mario et al. Evaluación nutricional y toxicológica de dos variedades de amaranto de semillas de color negro (*A. Uranguesis* y *A. Maurensis*). En : Revista Cubana Alimentación Nutrición: Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. No. 2. (sep. 1995).
- [7] BELMAR, Roberto y NAVA, Rutilio. Factores antinutricionales en la alimentación de animales monogástricos [en línea]. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán y Centro Regional Universitario Península de Yucatán. Universidad Autónoma Chapingo. [México: FMVZ-UADY y CRUPY-UACH]: 2000 [citado 17 mayo de 2007]. Disponible desde Internet URL: <http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/viii_encuentro/roberto.htm>
- [8] ESPINOSA-MARTOS y P. RUPÉREZ. Soybean oligosaccharides: Potential as new ingredients in functional food. En: Nutrición hospitalaria: alimentos funcionales. Vol. 92, No. 6, (ene. 2006); p.92 – 96. ISSN 0212 – 1611.
- [9] VILAPLANA, Montserrat. Nutrición: alergias alimentarias. En: Lluquats vegetals. Vol. 19, No. 4 (abr. 2006) 13 p.
- [10] XOLIDO SYSTEMS. Muchos vegetales destinados a la alimentación pueden generar problemas de producción animal [en línea]. Xolido: portal xolido del sector primario y medio rural. [España]: Julio 31 de 2001 [citado 2 abril de 2008]. Disponible desde Internet URL: <<http://www.xolido.com/?idarticulo=572>>
- [11] MACHADO, C. J. y SANGRONIS, E. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. En: Lebens-Wiss U-Technol. No.40, Vol.1, (2007): p. 116-120.

- [12] GRANITO, M. et al. Influence of fermentation on the nutritional value of two varieties of *Vigna sinensis*. En: *Eur Food Res Technol* (2005): p. 176-181.
- [13] CARULLA, J. y PABON, M. Un sistema in vitro para evaluar los efectos de los taninos en la degradación de la proteína bajo condiciones ruminales y abomasales. En : Taller sobre taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia. Memorias de taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia. Bogotá: 2004. 15p.
- [14] ALVARADO, C. Monografías.com: Micotoxinas en Nutrición Animal [en línea]. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. [Chile, Valdivia]: 1997 [citado 28 julio de 2007]. Disponible desde Internet URL: <http://www.monografias.com/trabajos16/micotoxinas/micotoxinas.shtml>.
- [15] CAMPOMANES, Darío. Reconocimiento de calidad en soja [en línea]. Engormix.com: artículos técnicos. [Buenos Aires, Argentina]: febrero 2008 [citado 5 abril de 2008]. Disponible desde Internet URL: <http://www.engormix.com/reconocimiento_calidad_soja_s_articulos_1926_AGR.htm>.
- [16] KUO, Y.; et al. Effects of different germination conditions on the contents of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes. En: *Food chemistry* Vol. 86. (2004): p.537 - 545.
- [17] SMITHARD, R. Secondary plant metabolites in poultry nutrition. En: McNab, J. y Boorman, K. (Eds). *Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value*. Wallingford Inglaterra : CABI Publishing, 2002. p. 237-278.
- [18] RUPÉREZ, Antón et al. Alimentos funcionales: Obtención de prebióticos a partir de productos y subproductos vegetales de la industria alimentaria: Caracterización y propiedades, aplicación en nutrición y dietética [en línea]. Proyecto AGL 2002-03221 ALI. INSTITUTO DEL FRÍO, CSIC. Ministerio de educación y ciencia. 2002 [citado abril 2 de 2008]. Disponible desde Internet URL: <<http://www.if.csic.es/proyectos/AGL200203221/introducción.htm>>
- [19] ROEDIGER, W.E.W. The place of short-chain fatty acids in colonocyte metabolism in health and alterative colitis: the impaired colonocyte barrier. En *Physiological and clinical aspects of short chain fatty acids*. Cambridge University Press, Cambridge, (1995): p. 289-305.
- [20] BUITRAGO, Julián. Soya integral en la alimentación animal. Bogota : Átropos, 1992. p.6.
- [21] LACAILLE-DUBOIS, M. y WAGNER, H. A review of the biological and pharmacological activities of saponins. *Phytomedicine*, Vol.2. (1996): p. 363 - 386.
- [22] HERNÁNDEZ, R. Obtención de crudos de saponinas hipocolesteromizantes del *Chenopodium quinoa Willd*". En: *Cubana Milit*. Vol.26. (1997): p. 55-62. Citado por: AYALA, G., ORTEGA, L. y MORON, C. Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro: Quinoa (*Chenopodium quinoa W.*): Valor nutritivo y usos de la quinoa [en línea], Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [Chile, Santiago]: 2001 [citado 13 Junio de 2008]. Disponible desde Internet URL: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/home03.htm>
- [23] OAKENFULL, D. Absorption of bile salts from aqueous solution by plant fibres and cholestyramine. En: *Journal of Nutrition*. Vol.40 (1978): p.299-309. Citado por: AYALA, G., ORTEGA, L. y MORON, C. Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro: Quinoa (*Chenopodium quinoa W.*): Valor nutritivo y usos de la quinoa [en línea]. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [Chile, Santiago]: 2001 [citado 13 Junio de 2008]. Disponible desde Internet URL: <<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/home03.htm>>
- [24] SOUTHON, S., WRIGHT, A., PRICE, K., FAIRWEATHER-TAIT, S. y FENWICK, G. The effect of three types of saponin on iron and zinc absorption from a single meal in the rat. En: *British Journal of Nutrition* Vol.59 (1988): p.389- 396. Citado por: AYALA, G., ORTEGA, L. y MORON, C. Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro: Quinoa (*Chenopodium quinoa W.*): Valor nutritivo y usos de la quinoa [en línea]. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [Chile, Santiago]: 2001 [citado 13

- Junio de 2008]. Disponible desde Internet URL: <<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/home03.htm>>
- [25] DA SILVA, B. P. et al. A new bioactive steroidal saponin from *Agave attenuata*. En: *J. Biosci.* Vol.57. (2002): p. 423 - 428.
- [26] ZAMILPA, A.; et al. Five New Steroidal Saponins from *Solanum chrysotrichum* Leaves and Their Antimycotic Activity. En: *J. Nat. Prod.*, Vol.65. (2002): p. 1815 - 1819.
- [27] AQUINO, R.; et al. Antiviral activity of constituents of *Tamus communis*. En: *J. Chemother.* Vol.3. (1991): p. 305 - 309.
- [28] SUNG, M. K.; KENDALL, C. W. C. y RAO, A. V. Effect of saponins and Gypsophila saponin on morphology of colon carcinoma cells in culture. En: *Food Chem. Toxicol.* Vol.33. (1995): p. 357 - 366.
- [29] SAUVAIRE, Y.; RIBES, G.; BACCOU, J. C. y LOUBATIER ES-MARIANI, M. M. Implication of steroid saponins and saponogenins in the hypocholesterolemic effect of fenugreek. En: *Lipids*, Vol.26. (1991): p. 191 - 197.
- [30] MATTSON, F., VOLPENHEIN, R. y ERICKSON, B. Effect of plant sterol ester on the absorption of dietary cholesterol. En: *Journal of Nutrition.* Vol.107. (1977): p.1139- 1146. Citado por: AYA-LA, G., ORTEGA, L. y MORON, C. Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro: Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.): Valor nutritivo y usos de la quinoa [en línea], Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [Chile, Santiago]: 2001 [citado 13 Junio de 2008]. Disponible desde Internet URL: <<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/home03.htm>>
- [31] KATO, A.; MIURA, T.; FUKUNAGA, T. Effects of steroidal glycosides on blood glucose in normal and diabetic mice. En: *Biol. Pharm. Bull.* Vol.18. (1995): p. 167 - 168.
- [32] ZHANG, J.; et al. Effect of six steroidal saponins isolated from *Anemarrhenae rhizoma* on platelet aggregation and hemolysis in human blood. En: *Clin. Chim. Acta.* Vol.289. (1999): p. 79 - 88.
- [33] SILVA G. M., et al. A new steroidal saponin from *Agave brittoniana* and its biphasic effect on the Na⁺-ATPase activity. *Z. En: Naturforsch. C*, Vol.60. (2005): p. 121 - 127.
- [34] EL-SAYED, M. M. Molluscicidal steroidal saponins from *Agave ferox*. En: *J. Pharm. Sci.*, Vol.7. (1998): p. 73 - 79.
- [35] ABDEL-GAWAD, M. M.; EL-SAYED, M. M. y ABDEL-HAMEED, E. S. Molluscicidal steroidal saponins and lipid content of *Agave decipiens*. En: *Fitoterapia*, Vol.70. (1999): p. 371 - 381.
- [36] DE LANGE, C., NYACHOTI, C. y VERSTEGEN, M. The significance of antinutritional factors in feeds-tuffs for monogastric animals. (s.l.): s.f. Citado por: MOUGHAN, P., VERSTEGEN, M. y VISSER-REYNEVELD, M. (Eds). *Feed Evaluation Principles and Practice*. Amstelveen, (2000): p. 169 – 188.
- [37] OLOYO, R. A. Chemical and nutritional quality changes in germinating seeds of *Cajanus cajan* L. En : *Science Direct: Food Chemistry* Vol. 85, (sep 2002): p. 497 - 502.
- [38] SALGADO, Julia y VALDEZ, María. Purificación y caracterización de lectinas de semillas amaranto cultivado en el estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud. s.f., 1p.
- [39] KENNEDY, A. Anticarcinogenic activity of protease inhibitors. Overview. En: *Protease Inhibitors as Cancer Chemopreventive Agents*, W. Troll and A.R. Kennedy (eds), Plenum Press, New York, (1993):p. 9 – 64.
- [40] KENNEDY, A. Chemopreventive agents: Protease inhibitors. *Pharmacol. Ther.* Vol.78. (1998): p.167 - 209.
- [41] FORMANEK, R. Food allergies: When food becomes the enemy. En: *FDA Consumer*; (2001): p.10 - 16.
- [42] CALDAS, V. y BLAIR, M. Cuantificación de taninos condensados e identificación de QTLs asociados a su acumulación en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). En : *Taller sobre taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia*. En: *Memorias de taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia*. Bogotá, 2004. 43p.

- [43] WYATT C. Y TRIANA A. Soluble and insoluble Fe, Zn, Ca, and phytates in foods commonly consumed in Northern Mexico. En: *J. Agric. Food Chem.* Vol.42. (1994): p. 204 - 209.
- [44] ZHOU, J. Y ERDMAN, J. Phytic acid in health and disease. En: *Food Sci. Nutr.* Vol.35. (1995): p. 495 - 508.
- [45] MARTINEZ, Beatriz; IBAÑEZ, María y RINCON, Francisco. Acido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. En: *ALAN – Archivos latinoamericanos de nutrición: Órgano oficial de la sociedad latinoamericana de nutrición.* Vol.52, No. 3 (sep. 2002): p. 219 – 231.
- [46] MAZZA, G. Alimentos funcionales: aspectos bioquímicos y de procesado. Zaragoza, España : Acribia, 2.000. p. 292-307.
- [47] KHAN, N.; ZAMAN, R. y ELAHI, M. Effect of processing on the phytic acid content of bengal gramas (*Cicer arietinum*) products. En: *J. Agric. Food Chem.* Vol.36, No. 1 (1988): p.274 - 276.
- [48] CENTENO, C.; et al. Effect of several germination condition on total P, phytate P, phytase, and acid phosphatase activities and inositol phosphate esters in rye and barley. En: *J. Agric. Food Chem.* Vol.49, No. 3 (2001): p. 208 - 215.
- [49] DAVIDSSON, L. Approaches to improve iron bioavailability from complementary foods. En: *J. Nutr.* Vol.133. (2003): p.1560S - 1562S.
- [50] HURRELL, R.; REDDY, M.; JUILLERAT, M. Y COOK. J. Degradation of phytic acid in cereal porridges improves iron absorption by human subjects. *Amer. En: J. Clin. Nutr.* Vol.77. (2003): p. 1213 - 1219.
- [51] HURRELL, R. Influence of vegetable protein sources on trace element and mineral bioavailability. En: *J. Nutr.* Vol.133. (2003): p. 2973S - 2977S.
- [52] National Academy of Sciences. Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc: Panel on Micronutrients, Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and of Interpretation and Use of Dietary Reference Intakes, and the Standing [en línea] Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. [Washington, EEUU]: 2002 [citado 10 junio de 2008]. Disponible desde Internet URL: <http://www.nap.edu/catalog/10026.html>
- [53] HERNANDEZ Pedro. Las lectinas vegetales como modelo de estudio de las interacciones proteína carbohidrato [en línea] Universidad Autónoma de México. [México]: 2009 [citado 200 enero de 2009]. Disponible desde Internet URL: <http://www.facmed.unam.mx/publicaciones/ampb/numeros/2005/01/g_21_27_PEDRO_HERNANDEZ%5B1%5D.pdf>
- [54] LIS, H. y SHARON, N. Lectins: Carbohydrates-specific proteins that mediate cellular recognition. En: *Chem. Rev.* (1998): p. 637 - 674.
- [55] CELIS, Alberto. Calidad de pastas de soya mexicanas y su relación con el síndrome de tránsito rápido en pollos de engorda. Colima: México, 2000, 57p. Tesis (Maestro en Ciencias Pecuarias). Universidad de Colima. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Postgrado interinstitucional en ciencias pecuarias.
- [56] BASSAN, Norberto; et al. Modelo biológico para la detección de antígenos alimentarios. En: *ALAN: Archivos latinoamericanos de nutrición.* Vol.52, No. 3 (sep. 2002): p. 249 – 256. ISSN 0004 – 0622.
- [57] CATÁÑEDA, C. et al. Efecto antiproliferativo In Vitro de una lectina del frijol Téropi sobre diferentes tipos de cáncer humano En: 2º Congreso Nacional de Química Médica. México 2006. RESPYN Edición especial No.7-2007.
- [58] ABDULLAEV, F. y GONZALES, M. Antitumor effect of plant lectins En: *Natural Toxins.* Vol.5, No. 1 (1997): p. 957-963.