

FACTORES ANTINUTRICIONALES EN RECURSOS ALIMENTARIOS TROPICALES PARA ESPECIES MONOGÁSTRICAS

Savón Valdés, L.¹ e Idania, S.

RESUMEN

En los países tropicales existe una biodiversidad de especies tropicales, entre las que se encuentran principalmente las leguminosas, árboles forrajeros y arbustos como fuentes alimentarias alternativas para los animales. Sin embargo, estas leguminosas no se pueden utilizar en todo su potencial nutritivo debido a la presencia de factores antinutricionales que pueden ocasionar trastornos metabólicos y productivos que limitan su inclusión en las raciones de las especies monogástricas. El objetivo de esta conferencia es analizar los factores antinutricionales (FANs) presentes en varios recursos alimentarios tropicales, su efecto en el fisiologismo y comportamiento productivo de aves, cerdos, conejos y cuyes, así como los métodos para disminuir o remover estos metabolitos secundarios o factores antinutricionales. También se comenta los efectos beneficiosos en la salud animal que presentan algunos de los metabolitos secundarios de las fuentes analizadas. Como recomendaciones, se pudiera sugerir que las investigaciones se deben dirigir hacia el incremento del conocimiento de las vías de acción de los factores antinutricionales, así como la combinación de los métodos de destoxificación para incrementar el valor nutritivo de los recursos alimentarios tropicales. Igualmente, se debiera identificar los niveles umbrales de acción de los FANs en los animales de interés económico (particularmente el cerdo como modelo animal más semejante al hombre), ya que se debe conocer qué nivel de FANs se puede tolerar sin causar un efecto negativo en el animal.

PALABRAS CLAVE: factores antinutricionales, fuentes alimentarias, árboles y arbustos, leguminosas, especies monogástricas.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente en el trópico los esquemas de alimentación de especies monogástricas se han basado en el uso de ingredientes dietéticos de origen vegetal, como soya y cereales, cultivos que pueden ser superados desde el punto de vista agronómico por otros mejor adaptados al medio y que no son requeridos para la alimentación humana (Nieves, 2005). Esto ha conducido a la exploración de nuevas materias primas alternativas, con el fin de lograr patrones de producción ajustadas a la realidad social y económica del entorno, sobre todo en los momentos actuales en que se deriva una gran cantidad de cereales para la producción de biocombustible.

En el trópico, existe una gran disponibilidad de recursos vegetales que propugna las investigaciones orientadas a la mejor utilización de éstos para la producción de animales monogástricos (Sarmiento *et al.*, 2005). Sin embargo, esa aparente gran disponibilidad de alimentos de origen vegetal para el consumo humano y animal, principalmente leguminosas, con un buen contenido y balance de proteína y energía, no se puede aprovechar en toda su potencialidad por el efecto limitante que imponen los denominados factores antinutricionales (FANs). Este efecto se agrava especialmente en los animales

monogástricos, por carecer de la acción protectora que brinda una degradación bacteriana como la ruminal (Belmar y Nava 2005).

La acción de los FANs, no sólo interfiere en el aprovechamiento de nutrientes, sino que pueden ocasionar pérdida de proteína endógena, que a veces produce daños al animal que los consume. Manifestaciones de toxicidad pueden acompañar el efecto antinutricional de estos compuestos, con efecto hepatotóxico, neurotóxico e inclusive letal (Liener 1989; Savón *et al.*, 2005).

En el Instituto de Ciencia Animal, desde hace algunos años, se llevan a cabo varios proyectos de investigación en los que se han estudiado los factores antinutricionales presentes en las harinas de granos, de forrajes y de forrajes integrales de leguminosas temporales, así como en las harinas de árboles y arbustos tropicales con potencialidades de uso en la alimentación animal. El objetivo de esta conferencia es brindar información general acerca de los factores antinutricionales presentes en granos, follajes y alimentos tropicales y sus efectos en el metabolismo y comportamiento productivo de especies monogástricas. También se analizarán diferentes métodos o combinación de ellos para disminuir o atenuar los efectos de los factores antinutricionales, los factores que pueden incidir en la

¹Instituto de Ciencia Animal, km 47½ Carretera Central, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. E-mail: lsavon@ica.co.cu idascull@ica.co.cu

respuesta animal entre especies y los efectos beneficiosos en la salud de los FANs presentes en los recursos vegetales analizados. Por último, se comentará acerca de los niveles umbrales de acción de los FANs, ya que el conocimiento de éstos permitirá discernir en los animales de interés económico que nivel de FANs se puede tolerar sin causar un efecto negativo al animal.

¿QUÉ SON LOS FACTORES ANTINUTRICIONALES?

Los FAN son sustancias que se generan por el metabolismo secundario de las plantas para protegerse de depredadores como bacterias, hongos e insectos y otros animales. Pueden aparecer en cualquier parte de la planta incluyendo los frutos y sus raíces. Estos compuestos producen en general una disminución en el consumo voluntario, interfieren en los procesos digestivos con la utilización de los alimentos y comprometen la salud y el potencial productivo de los animales que los consumen.

Estas consideraciones no pueden ser absolutas, ya que varias plantas que se consumen tradicionalmente poseen factores tóxicos. Es importante por lo tanto conocer su origen y en algunos casos sus mecanismos de formación. Se debe tener en cuenta también la concentración, frecuencia y tipo de alimento al que se hallan asociados, de manera que sea posible controlar su presencia para que ésta sea mínima o proponer límites de ingestión de las dietas permisibles.

Los FANs se agrupan en:

- compuestos fenólicos (taninos, fitoestrógenos y cumarinas)
- toxinas nitrogenadas (alcaloides, glicósidos cianogénicos, glucosinolatos, aminoácidos tóxicos, lectinas e inhibidores de proteasas)
- terpenos (lactosas sequiterpénicas, glicósidos cardiotónicos, saponinas)
- hidrocarburos poliacetilénicos
- oxalatos
- fitatos

FACTORES ANTINUTRICIONALES EN GRANOS Y FOLLAJES TROPICALES

Las harinas foliares de leguminosas y de cultivos con alta producción de biomasa presentan una combinación diversa de factores antinutricionales, pero de todas las sustancias, los taninos y saponinas son los más abundantes. Scull (2004) determinó cualitativamente mediante el tamizaje fitoquímico la presencia de FAN en harinas de follajes de leguminosas tropicales y plantas arbóreas y arbustivas y halló que el 100% de las plantas contenían polifenoles (taninos), alcaloides y azúcares reductores, y en el 75% de ellas se encontró la presencia de

saponinas y grupos alfa-amino. Este mismo autor cuantificó el contenido de polifenoles totales, taninos unidos a la fibra y a la proteína de harina de follaje de *Morus alba*, morera; *Canavalia ensiformis*, canavalia; *Stizolobium aterrimum*, mucuna y *Trichanthera gigantea*, trichanthera y observó que la fracción de menor contenido de taninos condensados está unida a la fibra y que las asociaciones que se presentan entre los taninos y la fibra dependen del tamaño de la molécula y de la conformación de los polifenoles, por lo que se requiere conocer los componentes que integran las diferentes fuentes fibrosas. De todas las especies estudiadas, dólicho fue la que presentó el más bajo contenido de polifenoles totales y taninos condensados.

Con relación a las harinas de granos de leguminosas tropicales, León *et al.* (1992) al estudiar su caracterización química y el valor nutritivo hallaron que las vignas poseían un bajo contenido de inhibidores de proteasas, inferiores a leguminosas como la soya, el frijol alado y el gandul. Lo anterior se confirmó en el trabajo realizado por Díaz (2000) al analizar los contenidos de inhibidores de proteasas y hemoglutininas presentes en granos de leguminosas. (Cuadro 1).

EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LOS FANs DE GRANOS Y FOLLAJES TROPICALES EN ESPECIES MONOGÁSTRICAS

Para estudiar los efectos biológicos ocasionados en los monogástricos por los FANs presentes en los recursos vegetales tropicales, sobre todo las leguminosas, hay que tener en cuenta dos aspectos:

1) Los efectos negativos en los animales no son atribuibles a un FANs en particular, ya que los diferentes FANs presentes en los alimentos, tienen sus efectos específicos.

2) Existen diferencias en el modo de acción entre las especies.

Con relación a lo anterior, Aguirre *et al.* (1998) al utilizar la rata como modelo para estudiar la calidad de la proteína de harina de granos de leguminosas temporales como la canavalia y vigna, comparadas con la soya y caseína como control hallaron que el consumo de las tres leguminosas provocó una atrofia hepática, a la que se sumó una hemorragia petequeal. Otro órgano afectado fue el páncreas que en este caso presentó una hipertrofia que fue más notoria en el caso de la soya que en canavalia y vigna. Este hecho coincide totalmente con la presencia de inhibidores de proteasas que se encontraron en estas harinas (Cuadro 1). Estos cambios en la morfología del páncreas, también se han observado en pollos, pero no en otras especies (Belmar y Nava 2005). La canavalia también afectó el peso absoluto de las glándulas tiroideas (0.09 g contra 0.21 g para la caseína). Estas glándulas son muy importantes en el metabolismo proteico por la producción de las hormonas T_3 y T_4 , sobre todo la T_4 , que es determinante en la síntesis

Cuadro 1. Contenido de inhibidores de proteasas y hemaglutininas presentes en granos de leguminosa (g/100g de muestra).

Variedades	Inh. tripsina	Inh. Quimotripsina	Inh. α -amilasa	Actividad hemaglutinante
<i>V. unguiculata</i>				
Trópico 782	3.08 ^d	2.780 ^{cd}	0.0110 ^{cd}	0.0076
INIFAT 93	2.83 ^{de}	2.200 ^d	0.0200 ^a	0.0076
V. blanca	2.71 ^{dc}	4.350 ^{bc}	0.0110 ^{bc}	0.0076
<i>Glycine max</i>				
INCASOY 27	15.86 ^a	5.100 ^{ab}	0.0040 ^c	0.015
DUOCROP	13.29 ^b	6.400 ^a	0.0090 ^d	0.015
<i>S. aterrimum</i>	1.61 ^f	5.080 ^{ab}	0.0120 ^{bc}	0.120
<i>C. ensiformis</i>	1.86 ^{ef}	2.16 ^d	0.0100 ^d	0.240
<i>L. purpureus</i>	7.19 ^c	5.520 ^{ab}	0.0120 ^b	0.120
ES	0.30 ^{***}	0.476 ^{**}	0.0003 ^{**}	

^{abcd} Medias con letras diferentes dentro de cada columna difieren a $P < 0.05$ (Duncan 1955).

** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$.

proteica en animales en crecimiento. Igualmente fue notoria la atrofia del timo en los animales que consumieron canavalia debido a los elevados niveles de hemoaglutinina (0.24g UH / 100g de muestra) por la presencia de Concanavalina A. Todos estos resultados condujeron a una disminución en el consumo, ganancia en peso y conversión alimentaria en los animales que consumieron canavalia con respecto a los que recibieron soya o vigna.

Por otra parte, Savón *et al.* (2006) encontraron diferencias en la respuesta animal al efecto de los factores antinutricionales de acuerdo con la especie. La inclusión de hasta un 20% de harinas de follajes de dólcho, canavalia y mucuna en dietas de miel B/soya para cerdos, produjo una disminución de los coeficientes de utilización digestiva de MS y PB. Mucuna produjo la mayor disminución entre las fuentes, debido probablemente a la elevada presencia de alcaloides que disminuyó el consumo y además por el contenido de polifenoles y taninos condensados unidos a la proteína, que impiden el ataque de las enzimas digestivas. Sin embargo, en los conejos, la sustitución de la harina de mucuna por la harina de alfalfa no afectó los indicadores de digestibilidad de MS, PB, FDN y FDA. La inclusión de este tipo de harina de forraje de leguminosa hasta un 30 % mejoró la digestibilidad de los constituyentes de pared celular sin que se afectara el de la MS y PB. Los mejores resultados se observaron en los animales que consumieron el 20 % de harina de follaje de mucuna.

MÉTODOS PARA ELIMINAR LOS FACTORES ANTINUTRICIONALES

Existen un gran número de métodos disponibles para la inactivación o remoción de los factores antinutricionales en las harinas de follajes y granos de leguminosas tropicales. La aplicación de uno u otro método está en función de las características físico-químicas del FANs, localización en la planta y la sensibilidad a factores físicos, químicos, así como a procesos tecnológicos (Van der Poel y Melcion 1995).

En el cuadro 2 se reseñan algunos de los procedimientos o métodos utilizados para eliminar factores antinutricionales.

Se han realizado ensayos en los que se han logrado la disminución de los FANs con un proceso simple de remojado en agua. Nava *et al.* (1999), informaron que el remojado en agua con un 4% de cal hidratada de la harina de granos de mucuna, es efectivo para disminuir los contenidos de taninos, los cuales son lábiles en medio alcalino. El proceso de solubilización alcalina supera los resultados, en lo que se refiere a la disminución de los FANs en los frijoles de mucuna, de otros trabajos anteriores en los que se utilizó sólo agua (Trejo 1998; Trejo *et al.*, 2005) y los que se hicieron con bicarbonato de sodio (Vijayakumari *et al.*, 1996).

Emenalom *et al.* (2004) demostraron que el molinado antes del remojado y cocción, reduce el tamaño de las partículas e incrementa el contenido de humedad de las semillas, lo cual

Cuadro 2. Procesos utilizados para la reducción o eliminación de factores antinutricionales.

Remojado en agua
Selección de ingredientes
Suplementación con aminoácidos
Tratamientos químicos: alcalis, ácidos y solventes
Tratamientos enzimáticos
Tratamientos físicos
Ruptura mecánica: molinado, descascarado, pulverización, granulación, picado
Extrusión
Calor húmedo o seco
Presión
Radiaciones
Procesos de germinación y fermentación
Cruzamiento y manipulación genética

Fuente: Van der Poel (1989), Nava y Belmar (1999).

reduce el tiempo de cocción a una hora, a diferencia de las 2 a 5 horas informadas por Wanjekeche (2001) cuando remojaron las semillas enteras. El tratamiento físico basado en la separación de las fracciones de la semilla es una posibilidad para reducir al menos una parte de los FANs. El más ampliamente utilizado en los granos es el tratamiento térmico por el calor aunque se emplean otras variantes como secado, tostado, extrusión (Lon Wo *et al.*, 2002). El tratamiento térmico ha sido efectivo para inhibidores de proteasas y lectinas, sin embargo ha sido cuestionable para taninos y fitatos.

Los procesos de germinación y los de fermentación han demostrado producir una serie de cambios positivos en el contenido de nutrientes de las leguminosas como es el incremento en el contenido de aminoácidos esenciales, proteínas solubles y digestibilidad *in vitro* de la proteína, disminución significativa de los niveles de los galactósidos (Uwaegbute *et al.*, 2000 y Martín-Cabrejas *et al.*, 2007; reducción de inhibidores de proteasa y lectinas, así como el grado de polimerización de los taninos (Vidal-Valverde *et al.*, 1998). También se ha demostrado que el proceso germinativo en las leguminosas incrementa el contenido de vitaminas B₁ y B₂ (Blázquez, 1999). Valiño *et al.* (2003) mostraron que la utilización del hongo mutante *Trichoderma viride* 137 MCX1 en la fermentación de combinaciones de harina de follaje de *Vigna unguiculata* y bagazo de caña, reduce a la mitad el contenido de taninos y disminuye el

contenido de fibra. Iyayi y Adrolu (2004), también utilizaron *Trichoderma viride* para fermentar varios residuos agroindustriales que fueron evaluados en gallinas ponedoras con buenos resultados productivos y económicos.

El uso de enzimas es una técnica que ha empezado a tener relevancia en la nutrición animal. Se han ensayado numerosas enzimas con el objetivo de actuar sobre los factores antinutricionales, entre ellas la adición de tanasas, celulasas que actúan sobre los polisacáridos no almidones y sobre todo las fitasas (Kornegay 1995; Rutherford *et al.*, 2004).

El cruzamiento y la manipulación genética constituyen métodos cuyos resultados se alcanzan a largo plazo y se deben trabajar con cautela ya que los FANs representan una barrera de defensa ante el ataque de plagas y enfermedades. Sin embargo, es necesario tratar de lograr establecer el umbral óptimo de acción de estas sustancias. Los principales esfuerzos se han realizado en la obtención de variedades de bajo contenido de inhibidores de tripsina, taninos, lectinas y más recientemente de galactósidos.

EFFECTOS BENEFICIOSOS DE LOS COMPUESTOS SECUNDARIOS

Recientemente se ha despertado un gran interés por los efectos beneficiosos de los factores antinutricionales presentes en los alimentos de origen vegetal (Martínez-Valverde *et al.*, 2000). Los compuestos polifenólicos, entre los que se hallan los taninos que se pueden considerar como antioxidantes naturales, se encuentran en los follajes de leguminosas y otras plantas tropicales, podrían sustituir a los aditivos antioxidantes y englobarse dentro de la categoría de alimentos funcionales. Su papel desde el punto de vista nutricional se asocia con la disminución del riesgo de las enfermedades cardiovasculares y los procesos "*in vitro*" e "*in vivo*". Al respecto, Alberto (2006) realizó un ensayo "*in vitro*" para determinar la actividad antioxidante de harinas integrales de dólcho y mucuna con buenos resultados. Martín-Cabrerías *et al.* (2007) al estudiar harina de semillas de dólcho, mucuna, canavalia como fuentes de proteínas alternativas encontraron niveles importantes de oligosacáridos de la familia de rafinosacáridos, con un perfil diferente de acuerdo con la especie de leguminosa. Los oligosacáridos mejoran el ambiente intestinal, reducen el colesterol sérico, los triglicéridos y normalizan la glucosa sanguínea.

Por último, Savón *et al.*, 2007 (trabajo sin publicar) observaron que la harina de follaje de *Titonia diversifolia* ejercía un efecto antiparasitario en cerdos en crecimiento ceba que recibieron dietas que contenían hasta un 20% de sustitución del pienso total por esta fuente.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

La perspectiva de trabajo en los países tropicales con recursos de potencial nutricional que se halla disponible a nivel local, está enfocada al estudio y tratamiento de los metabolitos secundarios denominados factores antinutricionales. Los principales problemas relativos al conocimiento de los FANs y que persisten cuando se van a incorporar como nuevos ingredientes son:

- La presencia de una amplia gama de factores antinutricionales sobre todo en los follajes y granos de leguminosas tropicales dificulta su remoción o eliminación mediante procesos simples. Además, una buena parte de estos procesos tienen como efecto colateral la disminución del potencial nutritivo de los alimentos por lo que se debe trabajar hacia el mantenimiento del potencial nutritivo del alimento combinando adecuadamente los procesos de destoxificación.
- Trabajar en procesos de destoxificación que incluyan el mejoramiento genético de los recursos vegetales en cuestión para lograr especies con el contenido adecuado de factores antinutricionales.
- Profundizar en los estudios relacionados con el modo de acción en cada especie animal, ya que la mayoría de estos se basan en resultados obtenidos en animales pequeños como ratas y pollos.
- Identificar los niveles umbrales de acción de los FANs en los animales de interés (particularmente el cerdo como modelo animal más semejante al hombre), ya que se debe conocer que nivel de FANs se puede tolerar sin causar un efecto negativo en el animal.
- Realizar más investigaciones sobre los posibles efectos beneficiosos de los FANs para la producción y salud animal.

BIBLIOGRAFÍA

- Belmar, R. y Nava, R. 2005. Factores antinutricionales en la alimentación de animales monogástricos. In: Alimentación no Convencional para Animales Monogástricos en el Trópico. Maracay, p 51.
- Díaz, M.F. 2000. Producción y caracterización de forrajes y granos de leguminosas temporales para la alimentación animal. Tesis de Doctor en Ciencias. Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas, pp 91.
- Emenalom, O.O., Udedibie, A.B.I, Esonu, B.O., Etuk, E.B. y Emenike, H.I. 2004. Evaluation of unprocessed and cracked, soaked and cooked velvet beans (*Mucuna pruriens*) as feed ingredients for pigs. *Livestock Research for Rural Development*, 16(5): versión electrónica disponible in: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/5/eme.html>
- Gustaffson, E.L. y Sandberg, A.S. 1995. Phytate reduction in brown beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Science*, 60:149-152.
- Liener, I.E. 1989. Antinutritional factors in legume seeds. State of the art. In: *Recent Advances in Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds* (J. Huissman, A.F.B Van der Poel e I.E. Liener, editores). Pudoc. Wageningen, p 141-155.
- Lon-Wo, E., Beltrán, M., Camps, D.M., Rodríguez, B. y Dieppa, O. 2002. Extrusión, tostado o secado al sol de granos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36:149-152.
- Nava, R.; Ruiz, B. y Belmar, R. 1999. Una reseña corta sobre el valor nutritivo y factores antinutricionales de follajes de canavalia y terciopelo dados a cerdos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 6(3):1.
- Rutherford, S.M.; Chung, T.K.; Morel, P.C.H. y Moughan, P.J. 2004. Effect of microbial phytase on ileal digestibility of phytate phosphorus, total phosphorus, and amino acids in a low-phosphorus diet for broilers. *Poultry Science*, 83:61-68.
- Savón, L.; Gutiérrez, O. y Ojeda, F. 2005. Harinas de follajes tropicales. Una alternativa potencial para la alimentación de especies monogástricas. *Pastos y Forrajes*, 28:69-77.
- Scull, I. 2004. Metodología para la determinación de taninos en forrajes de plantas tropicales con posibilidades de uso en la alimentación animal. Tesis Maestra en Ciencias. Universidad de La Habana. La Habana, pp 52.
- Trejo, W.; Santos, R.; Hau, E.; Olivera, L. y Belmar, R. 2005. Utilization of mucuna beans (*Mucuna pruriens* L. and *Stizolobium deerigianum*) to feed broilers. *Journal of Agricultural and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 105:155-164.
- Wanjekeche, E. 2001. Evaluation of processing methods of mucuna for food in Kenya. In: *Mucuna News. Bulletin of the Centre for Cover Crops Information and Seed Exchange in Africa (CIEPCA)*, 4:2.