

Los taninos en los forrajes y su papel en la nutrición de los rumiantes. Artículo reseña

Redimio M. Pedraza Olivera *, Silvio J. Martínez Sáez *, Jorge E. Hernández Hernández ** y Francisco J. Franco Guerra**.

* Centro de Estudios para el Desarrollo de la Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey, Cuba.

** Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

Resumen.

En este artículo se reseñan las principales características y efectos de los taninos de los forrajes en la nutrición de los rumiantes. Se enuncian su definición, características y propiedades más generales. Destacándose sus efectos negativos como la disminución del consumo, la digestibilidad y eficiencia de utilización de algunos nutrientes; y se muestran sus influencias positivas, como la protección de las proteínas de la degradación ruminal, la prevención del meteorismo y su efecto contra los parásitos gastrointestinales. Sólo el conocimiento de las características de los taninos, unido a los diferentes contextos de alimentación animal, permitirá establecer el manejo adecuado de los alimentos y de los animales que minimice el efecto negativo y garantice una acción positiva de estas sustancias fenólicas en la nutrición de los rumiantes.

Palabras clave: sustancias fenólicas, taninos, rumiantes, nutrición

Abstract

The principal characteristics and effects of tannin content in forage concerning ruminant nutrition is reviewed. Tannin definition, characteristics, and most general properties are mentioned. Its negative effects upon consumption decrease, digestibility, and some nutrients efficiency are highlighted. Besides, its positive effects like protecting proteins from ruminal degradation, preventing /meteorismo/, and getting rid of gastrointestinal parasitic infections are showed. By knowing tannin characteristics and animal feeding ways, a proper food and animal management could be established minimizing negative effects and guaranteeing a positive effect of phenolic substances on ruminant nutrition.

Key words: phenolic substances, tannin, ruminant nutrition

Introducción.

Las plantas emplean las sustancias antinutritivas como defensa ante sus depredadores (Makkar, 1993; Reed, 1995; Woodward y Coppock, 1995; Vadivel y Janardhanan, 2001). Algunos compuestos fenólicos, como los taninos presentes en los forrajes, se les atribuyen, no sin razón, propiedades tóxicas (Cumming, 1985; Kaitho *et al.* 1997) sin embargo, tienen efectos positivos que pueden beneficiar la nutrición de los rumiantes, como son la protección de las proteínas de la degradación ruminal (Jackson *et al.* 1996), la prevención del meteorismo (Tanner *et al.* 1994), sus propiedades antioxidantes (Okuda *et al.* 1992), la estimulación del flujo salival en los animales (Van Soest, 1983) y su efecto contra los parásitos gastrointestinales (Thi Mui Nguyen *et al.* 2005).

DESARROLLO

Definición y características generales

Los taninos son sustancias amorfas que con el agua forman coloides de reacción ácida y sabor muy acre. Suelen ser solubles en alcohol y en acetona. Se definen como compuestos polifenólicos de estructura química variada, que se encuentran

ampliamente distribuidos en el mundo vegetal. Son de alto peso molecular (500-3000 Daltons) y se localizan en vacuolas combinados con alcaloides y proteínas, desempeñando una función defensiva frente a insectos y hongos (Makkar, 1993; Kumar y D'Mello, 1995; Peris, 1995; Makkar y Goodchild, 1996).

Clasificación

Se clasifican de forma genérica en hidrosolubles y no hidrosolubles; generalmente los árboles y arbustos contienen ambos tipos. Los hidrolizables o hidrosolubles (pirogalotánicos), son compuestos de un polihidroxi-alcohol esterificado entre glúcidos y fenoles ácidos, que se escinden por tanasas específicas, ácidos o álcalis. Esta hidrólisis da como resultado un azúcar, un polialcohol y ácidos fenolcarboxílicos. Dentro de este grupo se distinguen los taninos gálicos que por su hidrólisis producen osas y ácido gálico (Makkar, 1993; Peris, 1995). Los taninos no hidrosolubles o condensados (pirocatecólicos), tienen estructura similar a la de los flavonoides y carecen de osas en su molécula. Se pueden determinar entre otros por un método químico en el cual las proantocianidinas son oxidativamente despolimerizadas en una mezcla de n-butanol - ácido clorhídrico, formando antocianidinas (Peris, 1995; Makkar y Goodchild, 1996). También por el color que producen al reaccionar con la vainillina (Martínez, 2004).

Clauss y Varro (1989) destacan que los taninos poseen acción astringente, su carácter más notable es el precipitar las proteínas; forman dispersiones coloidales y compuestos insolubles con ciertos tejidos animales, precipitan el alcaloide de sus soluciones, así como los colorantes orgánicos de carácter básicos y la albúmina; en soluciones alcalinas absorben fácilmente oxígeno y se oscurecen. Son bastante solubles en alcohol diluido, pero poco solubles en alcohol deshidratado, no cristalizables y por ello difíciles de separar las mezclas polifenólicas.

Efectos negativos

Los taninos condensados se asocian con diversos efectos biológicos, entre los que se encuentra la inhibición microbiana y enzimática provocada por un exceso de ácido tánico en la dieta (Glick y Joslyn, 1970; Jung y Fahey, 1984). También provocan carcinogénesis y algunos, como los de *Pteridium aquilinum*, que se relacionan con el cáncer de la vejiga urinaria en ratas (Pamukau et al. 1980); en bovinos se ha encontrado hematuria enzootica y carcinoma de las porciones superiores del tracto digestivo con el consumo prolongado de esta planta (Marrero et al. 1999), pero estos autores lo atribuyen al glicósido ptaquilosido.

Los efectos de los taninos hidrolizables y condensados en rumiantes alimentados con especies arbustivas han sido estudiados por Reed (1995), quien enuncia que los primeros son más tóxicos que los segundos, ya que algunos productos de su degradación provocan hepatotoxicidad y nefrotoxicidad; mientras que los taninos condensados no se absorben, aunque están asociados con lesiones de la mucosa. Clausen et al. 1990 sugieren que los taninos condensados son degradados en el tracto gastrointestinal y Barahona et al. (2001) consideran que, tanto los taninos hidrolizables como los condensados, pueden ser absorbidos a través de las paredes del intestino luego de su hidrólisis.

En el CIAT (1998) se obtuvo un grupo de resultados al evaluar distintas leguminosas tropicales que se pueden resumir de la siguiente manera: se encontraron diferencias en la habilidad de los taninos solubles (TS) y condensados (TC) extraídos de las leguminosas para inhibir la fermentación por los microorganismos del rumen. Los TC afectan negativamente el consumo voluntario, la digestión y la utilización del nitrógeno

por los rumiantes; existen diferencias entre especies en la proporción de TS y taninos enlazados, así como en la proporción de cianidina, delfinidina, pelargadinina y fisetinidina; los TC enlazados a los forrajes tuvieron un mayor efecto en la digestión que los TC solubles. También la adición de TC enlazados resultaron en una disminución de la producción de gas *in vitro* y afectaron la producción de los ácidos grasos volátiles; se notó también influencia diferente entre los TC solubles y enlazados en los ácidos grasos volátiles. En muchos casos los TC enlazados fueron más efectivos como inhibidores de las celulasas y proteasas microbianas que los TC solubles.

Los taninos condensados tienen una acción más profunda en la reducción de la digestibilidad, mientras que los hidrolizables causan variadas manifestaciones tóxicas debido a los compuestos que se liberan en el rumen (Makkar, 1993; Tanner *et al.* 1994; Reed, 1995).

La liga de taninos a las proteínas salivares y al epitelio bucal, hacen poco palatable el alimento y deprimen el consumo voluntario. Se aprecia una correlación negativa entre los niveles de taninos presentes en el alimento y su consumo, aunque algunas plantas ricas en taninos, son fácilmente ingeridas por algunos mamíferos herbívoros; estas diferencias pueden deberse a la diferente naturaleza de los taninos presentes en las plantas (Clausen *et al.* 1990). Los taninos pueden afectar el consumo de los alimentos por:

1. Disminución de la digestión del alimento, retardando así la velocidad de paso y, como resultados están, el llenado y distensión del rumen (Makkar, 1993; Getachew *et al.* 2002).
2. Estimulación de los receptores heméticos en el centro del cerebro, provocando una condición de antipatía y reduciendo su consumo (Distel y Provenza, 1991).
3. Cambios en los niveles hormonales que puedan alterar el consumo del alimento (Silanikove *et al.* 2001).

Durante la masticación, las proteínas y taninos forman complejos, pudiendo también ocurrir la hidrólisis de taninos a ácidos libres, por acción de las hidrolasas de la planta (Woodhead y Cooperdriver, 1979). Los fenoles que se liberan como resultado de la hidrólisis de taninos por acción de las hidrolasas de las plantas durante la masticación, y/o por su degradación en el rumen, pueden afectar la digestión ruminal (Martin y Akin, 1988). Algunos compuestos fenólicos provocan descenso en la digestibilidad de celulosa, hemicelulosa y almidón (Varel y Jung, 1984; Makkar *et al.* 1995).

El pH casi neutro del rumen permite la formación de complejos enzima-taninos-proteínas insolubles, inactivando las enzimas; entre las enzimas del rumen que se inactivan están la ureasa, proteasa, glutamato deshidrogenasa y glutamato piruvato transaminasa (Horigome *et al.* 1988). Los complejos taninos-proteína involucran tanto enlaces de hidrógeno, como interacciones hidrofóbicas, de ahí que el grado de precipitabilidad de dichos complejos dependa, en gran medida, de su peso molecular, el pH del medio y la fortaleza iónica (Makkar y Singh, 1995; Wiegand *et al.* 1995). En este sentido, los taninos con peso molecular muy elevado pueden ser tan insolubles que pierden su capacidad de precipitar las proteínas (Kumar y D'Mello, 1995).

Por otra parte, la formación de complejos indigeribles tanino-proteína, tanino-celulosa y tanino-almidón (Mueller-Harvey, 1989), contribuyen a disminuir la digestibilidad de la materia seca, proteínas y carbohidratos (Reed *et al.* 1990); esto se debe en buena medida, a la unión con las proteínas y a la inhibición de las proteasas del rumen (Tanner *et al.* 1994). Los enlaces de la unión proteína-tanino son en gran medida de

hidrógeno e hidrófobos (Silanikove *et al.* 2001). Algunos minerales son atrapados en el complejo tanino-proteína y se hacen inaccesibles al animal (Khanal y Subba, 2001).

El complejo tanino-proteína formado en el rumen, se rompe en el abomaso por la acidez del pH de esta parte del sistema digestivo, y la proteína liberada pudiera digerirse; el tanino que se libera puede interferir en la digestión del tracto digestivo inferior (Kumar y D'Mello, 1995; Makkar, 1993). Estos compuestos reaccionan con las proteínas en la capa celular exterior de la mucosa intestinal reduciendo así la permeabilidad para los nutrientes (Nastis y Malechek, 1981). Los mismos quizás provocan pérdida de mucus, daño en el epitelio mucoso, endotelio y epitelio tubular renal, irritación, ruptura del tejido del canal alimenticio y gastroenteritis (Kriaa *et al.* 1999).

Los taninos también causan toxicidad a los microbios del rumen probablemente por ligamiento a las paredes de las células, deteriorando así la permeabilidad de su pared celular (Silanikove *et al.* 2001); también, deprimen la producción ruminal de ácidos grasos volátiles, así como la síntesis de proteínas, ácido desoxirribonucleico y ácido ribonucleico microbiano, además afectan la utilización de fosfatos por los microbios del rumen (Makkar, 1993; McSweeney *et al.* 2001). Sin embargo, se ha demostrado la degradación que sufren los compuestos fenólicos por la acción de los microbios del rumen (Orpin, 1984; Kumar y D'Mello, 1995). Se conoce que las bacterias del rumen *Eubacterium limosum* (Jung y Fahey, 1983) y *Selenomonas ruminantium* (Skene y Brooker, 1995) utilizan los compuestos fenólicos como fuente de energía.

Murdiati y Mahyudin (1985) refieren que la capacidad del rumen para degradar taninos, no es tan alta como la capacidad de dichas sustancias antinutritivas para disminuir la utilización de los nutrientes en los alimentos que las contienen. La toxicidad de los compuestos fenólicos se debe a un aumento en su concentración respecto a la capacidad del hígado para su detoxificación (Makkar, 1993). A pesar de ello, Ramos *et al.* (1998) consideran que el medio ruminal representa un lugar eficiente de detoxificación para un amplio rango de compuestos secundarios.

Los animales monogástricos crean condiciones para dietas ricas en taninos, incrementando el tamaño de las glándulas salivares y produciendo más proteínas ricas en prolina (PRP), las cuales tienen gran afinidad por los taninos y constituyen la primera línea defensiva contra los taninos del alimento (Burrit *et al.* 1987; Mehansho *et al.* 1987). Este mecanismo defensivo también parece ocurrir en rumiantes puesto que se ha comprobado la presencia de PRP en la saliva de algunos animales (Mole *et al.* 1990; Baxter, 1997). Distel y Provenza (1991) sugieren que las cabras pueden tener habilidad para detoxificar taninos o sus productos metabólicos; Makkar (1993) y Kumar y D'Mello (1995) refieren que la producción de una tanasa activa y las elevadas cantidades de proteínas ricas en prolina, pueden ser las responsables de la tolerancia en estos animales que consumen grandes cantidades de forrajes ricos en taninos.

Un exceso de taninos en la dieta causa incremento de la excreción del nitrógeno endógeno, glucosaminas, mucoproteínas, calcio y sodio en las heces fecales (Shahkhalili *et al.* 1990). La hipersecreción de mucus es la causa principal del exceso de nitrógeno fecal (Makkar, 1993).

El efecto destoxicador del rumen, la adaptación temporal y permanente de los animales al consumo de algunas sustancias antinutritivas y la selección de la dieta, son ejemplos de los cambios fisiológicos y etológicos de los animales para enfrentar el efecto de los metabolitos secundarios (Ramos *et al.* 1998).

Efectos positivos

Aunque abunda mayor información de los estudios que explican el efecto negativo de los taninos, existe consenso en la literatura que tienen un grupo de atributos positivos para la nutrición de los rumiantes. Está establecido que los taninos en bajas concentraciones en la dieta, aumentan la eficiencia de la digestión del nitrógeno (Cumming, 1985; Kaitho *et al.* 1997); así Mangan (1988) y Waghorn (1990) asumen que niveles bajos de taninos (3 – 6 % MS) pudieran no causar problemas y quizás ser ventajoso; sin embargo, no solo de la concentración de taninos se determina su actividad biológica, la que depende también su estructura química.

La unión de los taninos a las proteínas puede traer efectos beneficiosos en la prevención del timpanismo (Waghorn, 1990) y fundamentalmente en la protección de las proteínas de las plantas de la degradación ruminal (Barry, 1989; Jackson *et al.* 1996; Norton, 1999). Barry y McNabb (1999) indican que la concentración ideal de taninos condensados en el forraje de las leguminosas debe oscilar entre 2 y 4 % en la materia seca (MS), con lo que se puede proteger a las proteínas del ataque microbiano en el rumen y contribuir así con una mayor cantidad de proteínas dietéticas que llegan al intestino delgado.

Los taninos condensados pueden favorecer la disminución de los parásitos intestinales (Kahn y Díaz-Hernández, 2000; Thi Mui Nguyen *et al.* 2005). Este control puede ser indirecto, por una mejora en el status nutricional y la respuesta inmune de los animales por los efectos positivos ya mencionados, o directo, por interacciones directas de los taninos con los parásitos; Butler *et al.* (2000) y Molan *et al.* (2002) demuestran interacciones que afectan la fisiología de los parásitos y la incubabilidad de sus huevos.

Conclusiones

Los taninos presentes en los forrajes pueden ejercer tanto efectos positivos y como negativos. Sólo el conocimiento de las características de los taninos, unido a los diferentes contextos de alimentación animal, permitirá establecer el manejo adecuado de los alimentos y de los animales que minimice el efecto negativo y garantice un efecto positivo de estas sustancias fenólicas en la nutrición de los rumiantes.

REFERENCIAS.

BARAHONA, R; LASCANO, C. E; COCHRAN, R. MORRILL, & J., TITGEMEYER, E. C.: Intake, digestion, and nitrogen utilization by sheep fed tropical legumes with contrasting tannin concentration and astringency. *Journal of Animal Science.*, 75 (6):1633-1640, 2001.

BARRY, T. N. & MCNABB, W. C.: The effect of condensed tannins in temperate forages on animal nutrition and productivity. *Tannin Livestock Human Nutrition.*, 92:30-35, 1999.

BARRY, T. N.: Condensed tannins: their role in ruminant protein and carbohydrate digestion and possible effects upon the rumen ecosystem. In: *The role of protozoa and fungi in ruminant digestion* (Ed. J. V. Nolan, R. A. Leng and D. I. Demeyer). Penambul Books, Armidale NSW. p:153-169, 1989.

BAXTER, N. J.: Multiple interactions between polyphenols and a salivary proline-rich protein repeat result in complexation and precipitation. *Biochemistry.*, 36(18):33-39, 1997.

BURRIT, E. A; MALECHECK, J. C. & PROVENZA, F. D.: Changes in concentrations of tannins, total phenolics, crude protein, and *in vitro* digestibility of browse due to

mastication and insalivation by cattle. *Journal of Range Management.*, 40: 409-411, 1987.

BUTLER, N. L; DAWSON, J. M; WAKELIN, D. & BUTTERY, P. J.: Effect of dietary tannins and protein concentration nematode infection (*T. columbriformis*) in lambs. *J. Agric. Sci.*, 134:89-99, 2000.

CIAT .: Tropical grasses and legumes: Optimizing genetic diversity for multipurpose. *Anual Report Project IP-5*. 132p. Centro Internacional de Agricultura Trópical, Calí, Colombia. 1998.

CLAUSEN, T. P; PROVENZA, F. D; BURRIT, E. A; REICHARDT, P. B. & BRYANT, J. P.: Ecological implications of condensed tannin structure: a case study. *Journal of Chemical Ecology.*, 16: 2381-2392, 1990.

CLAUSS, P. E. Y VARRO, E. T.: Farmacognósia. Ed. Revolucionaria. Combinado Poligráfico "Evelio Rodríguez Curbelo". La Habana. Cuba. pp. 135-140, 1989.

CUMMING, R. B.: Recent advances in animal nutrition in Australia. *Proccedings of a Symposium at the University of New England*. Armidale, University of New England Publishing Unit. 121 p. 1985

DISTEL, R. A. & PROVENZA, F. D.: Experience in early life affects voluntary intake of blackbrush by goats. *Journal of Chemical Ecology.*, 17: 431-450. 1991

GETACHEW, G; MAKKAR, H. P. S., & BECKER, K.: Tropical browses: contents of phenolic compounds, *in vitro* gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and *in vitro* gas production. *Journal of Agricultural Science.*, 139:341–352, 2002. Disponible en. www.iaea.org/programmes/nafa/d3/public/journal-agric-sci-cambridge.pdf (Revisado: 2 Julio del 2003).

GLICK, Z. & JOSLYN, M. A.: Food intake depression and other metabolic effects of tannic acid in the rat. *Journal of Nutrition.*, 100: 509-510, 1970

HORIGOME, T; KUMAR, R. & OKAMOTO, K.: Effects of condensed tannins prepared from leaves of fodder plants on digestive enzymes *in vitro* and in intestine of rats. *British Journal of Nutrition.*, 60: 275-285 1988.

JACKSON, F. S; BARRY, T. N; LASCANO, C. & PALMER, B.: The extractable and bound condensed tannin content of leaves from tropical tree, shrub and forages legumes. *Journal of the Science of Food and Agricultur.*, (17. No 1, pp. 103-110,1996

JUNG, H. G. & FAHEY, G. C.: Interaction among phenolic monomers and *in vitro* fermentation. *Journal of Dairy Science.*, 66: 1255-1263,1983

JUNG, H. G. & FAHEY, G. C.: Influence of phenolic acid on forage structural carbohydrate digestion. *Canadian Journal of Animal Science.*, 64: 50-51,1984.

KAHN, L. P. & DÍAZ-HERNÁNDEZ, A.: Tannis with antihelmintic proprieties. In: Broker, J. D. (Ed.), *Proceedings of the International Workshop on Tannin in Livestock and Human Nutrition*. ACIAR Proceedings. No. 92: 40-154, 2000.

KAITHO, R. J; UMUNNA, N. N; NSAHLAI, I. V; TAMMINGA, S. & VAN BRUCHEM, J.: Utilization of browse supplements with varying tannin levels by Ethiopian Menz sheep. I. Intake, digestibility and live weight changes. *Agroforestry Systems.*, Vol. 39, No. 2, pp. 145-159, 1997.

KHANAL, R. C. & SUBBA, D. B.: Nutritional evaluation of leaves from some major fodder trees cultivated in the hills of Nepal. *Animal Feed Science and Technology.*, 92 (1/2). 17-32, 2001.

KRIAA, S ; THEWIS, A. & KAMOUN, M. : Les tannins en nutrition animale: Effet des tannins sur l'ingestion, la digestibilité et les performances des ruminants. *Revue de l'INAT.*, (14)2: 19-39, 1999.

KUMAR, R. & D'MELLO, J. P. F.: Antinutritional factors in forage legumes. In: *Tropical Legumes in Animal Nutrition*. Edited by J. P. F. D'Mello y C. Devendra. CAB International. p: 95-133, 1995.

MAKKAR, H. P. S.: Antinutritional factors in foods for livestock. *Animal Production in Developing Countries*. BSAP Occasional Publication No. 16, British Society of Animal Production, Edinburgh. p: 69-81, 1993.

MAKKAR, H. P. S. AND GOODCHILD, V. A.: Quantification of tannins, a Laboratory Manual. Pasture, Forage and Livestock Program. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Second Edition. Aleppo, Syria. 1996.

MAKKAR, H. P. S. Y SINGH, B.: Determination of condensed tannins in complexes with fiber and proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture.*, 69(1):129-132, 1995.

MAKKAR, H. P. S; BLÜMMEL, M. & BECKER, K.: Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in *in vitro* techniques. *British Journal of Nutrition.*, 73: 897-913. 1995.

MANGAN, J. L.: Nutritional effects of tannins in animal feeds. *Nutrition Research Reviews.*, 1: 209 – 231, 1988.

MARRERO, E; STUART, R; SÁNCHEZ, L. M; BULNES, C. & PALENZUELA, I.: Informe técnico de la caracterización del cuadro de hematuria enzootica bovina que afecta zonas ganaderas del departamento de Tarija. Proyecto AUTAPO-CENSA-ICA. Tarija, Bolivia. p:118, 1999.

MARTIN, S. A. / AKIN, D. E.: Effect of phenolic monomers on the growth and β -glucosidase activity of *Bacteroides rumenicola* and on the carboxymethylcellulase, β -glucosidase, and xylanase activities of *Bacteroides succinogenes*. *Applied and Environmental Microbiology*, 54: 3019-3022, 1988.

MARTÍNEZ, S.: Manual de laboratorio de Control Agroambiental, CEDEPA. En: <http://www.reduc.edu.cu/CEDEPA/index.htm>. Actualizado en enero de 2004.

MCSWEENEY, C. S; PALMER, B; MCNEILL, D. M. & KRAUSE, D. O.: Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Animal Feed Science and Technology.*, 91(1/2):83-93, 2001.

MEHANSHO, H; BUTLER, L. G. & CARLSON, D. M.: Dietary tannins and salivary proline-rich proteins: interactions, induction, and defense mechanisms. *Annual Review of Nutrition.*, 7: 423-440, 1987.

MOLAN, A. L; WAGHORN, G. C. & MCNABB, W. C.: Effect of condensed tannins on egg hatching and larval development of *Trichostrongylus colubriformis in vitro*. *Vet, Recor.*, 150 (3), 65-60, 2002

MOLE, S; BUTLER, L. G. & IANSON, G.: Defense against dietary tannin in herbivores: A survey for proline rich salivary proteins in mammals. *Biochemical Systematics and Ecology.*, 18: 287-293, 1990.

MUELLER-HARVEY, I.: Identification and importance of polyphenolic compounds in crop residues. In: *Physicochemical characterization of plant residues for industrial and*

feed use (Eds. A. Chesson and E. R. Ørskov), Elsevier Applied Science, London. P:88-109, 1989.

MURDIATI, T. B. & MAHYUDIN, P.: The residual tannin and crude protein of **Calliandra callothyrsus** and **Albizia falcataria**, following incubation in heated and unheated rumen fluid. *Proceedings of the third Australian Association for Animal Production.*, Vol. 2A, p:814-816, 1985.

NASTIS, A. S. & MALECHEK, J. A.: Digestion and utilization of nutrient in oak browse by goats. *Journal of Animal Science.*, 53: 283-290, 1981.

NORTON, B. W.: The significance of tannins in tropic animal production. *Tannin Livestock Human Nutr.*, 92:14-23, 1999.

OKUDA, T; YOSHIDA, T. & HATANO, T.: Antioxidant effects of tannins and related polyphenols. Chapter 7. *Phenolic compounds in food and their effects on health II.* (Mon-Tuan Huang, Chi-Tang Ho, and Chang Y. Lee, Editors). American Chemical Society, p:87-97, 1992

ORPIN, C. G.: Microbial attack on lignocellulose in the rumen. *Applied Biochemistry and Biotechnology.*, 9: 327-328, 1984

PAMUKAU, A. M; WANG, C. Y; HATCHER, J. & BRYAN, G. T.: Carcinogenicity of tannin and tannin-free extracts of bracken fern (**Pteridium aquilinum**) in rats. *Journal of National Cancer Institute.*, 65: 131-136, 1980.

PERIS, J. B.: Fitoterapia aplicada. 1^{era} Edición. Ed. Muy ilustre colegio oficial de farmacéuticos de Valencia. Valencia, España. P:61-95. 1995.

RAMOS, G; FRUTOS, P; GIRÁLDEZ, F. J. & MANTECÓN, A. R.: Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Arch. Zootec.*, 47: 597 – 620, 1998.

REED, J. D.: Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forages legumes. *Journal of Animal Science.* Vol. 73. No. 5, pp. 56-60, 1995.

REED, J. D; SOLLER, H. & WOODWARD, A.: Fodder tree and straw diets for sheep: intake, growth, digestibility and the effects of phenolics on nitrogen utilization. *Animal Feed Science and Technology*, 30: 39-50, 1990.

SHAHKHALILI, Y., FINOT, P. A., HURRELL, R. & FERN, E.: Effects of food rich in polyphenols on nitrogen excretion in rats. *Journal of Nutrition.* Vol. 1. No. 20, pp. 346-352, 1990.

SILANIKOVE, N; PEREVOLOTSKY, A., & PROVENZA, F. D.: Use of tannin-binding chemicals to assay for tannins and their negative postingestive effects in ruminants. *Animal Feed Science and Technology.*, (91)1-2:69-81, 2001.

SKENE, I. K. & BROOKER, J. D.: Characterization of tannins acylhydrolase activity in the ruminal bacterium **Selenomonas ruminantium**. *Anaerobe.*, 1: 321-327, 1995.

TANNER, G. J; MOORE, A. E. Y LARKIN, P. J.: Proanthocyanidins inhibit hydrolysis of leaf proteins by rumen microflora *in vitro*. *British Journal of Nutrition.*, 71(6):947-958, 1994.

THI MUI NGUYEN; DINH VAN BINH & ØRSKOV E. R.: Effect of foliages containing condensed tannins on gastrointestinal parasites. *Animal Feed Science and Technology* 121: 77-87, 2005.

VADIVEL, V & JANARDHANAN, K.: Nutritional and anti-nutritional attributes of the under-utilized legume, *Cassia floribunda Cav* . *Food Chemistry.*, 73 (2): 209-215, 2001

VAN SOEST, P. J.: Nutritional Ecology of the Ruminant. O y B Books, Inc. Corvallis, Oregon. USA, p: 76-78,105, 231, 236, 337-353, 1983.

VAREL, V. H. & JUNG, H. G.: Influence of forage phenolics on cellulolytic bacteria and *in vitro* cellulose degradation. *Canadian Journal of Animal Science.*, suppl., p:39-40, 1984

WAGHORN, G. C.: Effect of condensed tannin on protein digestion and nutritive value of fresh herbage. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production.*, 18: 412 – 415, 1990

WIEGAND, R. O; REED, J. D; SAID, A. N. & UMMUNA, V. N.: Proanthocyanidins (condensed tannins) and the use of leaves from **Sesbania sesban** and **Sesbania goetzei** as protein supplements. *Animal Feed Science and Technology.*, 54(1-4):175-192, 1995.

WOODHEAD, S. & COOPERDRIVER, G.: Phenolic acids and resistance to insect attack in **Sorghum bicolor**. *Biochemical Systematics and Ecology.*, 7: 309-310, 1979.

WOODWARD, A. & COPPOCK, D. L.: Role of plant defense in the utilization of native browse in Southern Ethiopia. *Agroforestry Systems.*, 32(2):147-161, 1995.