

Caracterización físico-química de la harina de tallos de *Agave fourcroydes* Lem (Henequén) - Physico-chemical characterization of the meal of stems from *Agave fourcroydes* Lem)

Maidelys Iser del Toro¹, Y. Martínez Aguilar¹, M. Valdivié Navarro², D. Sánchez Chipres³, Cecilia Jiménez Plascencia³

¹Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba.

²Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. ³Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias CUCBA Guadalajara, Jalisco, México

Contacto: misert@udg.co.cu

Resumen

Las plantas del género *Agave* almacenan compuestos que en su mayoría son carbohidratos no amiláceos, los cuales son elementos nutracéuticos que pueden emplearse en las dietas de especies monogástricas. Por tanto, el objetivo de este estudio fue caracterizar desde el punto de vista físico-química la harina a partir de los tallos de *A. fourcroydes* Lem, para su empleo en la alimentación animal. Se determinó la capacidad de absorción de agua, amortiguadora ácida y básica, así como el volumen de empacado y la solubilidad. Se realizó la bromatología básica, fructosa y fructanos mediante técnicas analíticas. También, se evaluó el fraccionamiento de la fibra. Las muestras se analizaron por triplicado, según diseño completamente aleatorizado. El producto presentó capacidad de absorción de agua (0,36 g g⁻¹ FDN), volumen de empacado (3,00 mL/g), solubilidad (32,09 %), capacidad amortiguadora ácida (0,60) y básica (0,09 mEq). La materia seca fue superior al 95 %, con 6,01 % de proteína, 0,06 de grasa y 5,20 de cenizas, 16,27 % para FDN%, 8,50 de FDA y 0,43 para lignina, fructanos (84%) y fructosa (12). Se concluyó que la harina mostró adecuadas propiedades físicas, bajos contenidos de PC, altos tenores de materia seca y fructanos, cualidades que hacen de este alimento un candidato nutracéutico en las dietas de los animales.

Palabras clave: Agave, composición físico-química, fructano, nutracéutico, prebiótico

Abstract

Plants of the genus *Agave* stored compounds are mostly non-starch carbohydrates, which are nutraceutical elements that can be used in the diets of monogastric species. Therefore, the objective of this study was to characterize from the point of view physicochemical flour from the stems of *A. fourcroydes* Lem, for use in animal feed. The absorption capacity of water, acid and basic buffer volume, baling and solubility was determined, as well. Basic food science, fructose and fructans was performed using analytical techniques. Fractionating the fiber it is also evaluated. The samples were analyzed in triplicate, as completely randomized design. The product exhibited water absorption capacity (0,36 g g⁻¹ FDN), packing volume (3,00 mL / g), solubility (32,09 %), acid buffer capacity (0,60) and basic (0,09 mEq). The dry matter was over 95 %, with 6,01% protein, fat and 5,20 .06 Ash, % 16,27 % for FDN, 8,50 and 0,43 for FDA lignin, fructans (84 %) and fructose (12). It was concluded that the flour showed suitable physical properties, low contents of PC, high tenors of dry matter and fructan, qualities that make this food a nutraceutical candidate in animal diets.

Keywords: *Agave*, physico-chemical composition, fructan, nutraceutical prebiotic.

Introducción

La caracterización físico-química de los alimentos es uno de los aspectos más importantes para el desarrollo exitoso de las producciones de especies monogástricas. Así, la utilización de prebióticos, como nutracéuticos, constituye una alternativa eficiente y segura a los antibióticos promotores de crecimiento (APC) en los sistemas de producción intensiva, por los efectos benéficos que ejercen en la salud y el comportamiento productivo de los animales que están sometidos a diversas situaciones de estrés (*Janssens y Van Loo, 2006*).

Las plantas pertenecientes al género *Agave*, representan un importante papel, ya que almacenan compuestos en su mayoría fructanos (*Roberfroid, 2007*), que constituyen elementos prebióticos claves para la alimentación animal. Reportes de *Bovera et al., (2012)*, han demostrado que estos compuestos, pueden provocar una respuesta favorable en el tracto gastrointestinales de animales de laboratorio y de granja, y a su vez incrementar el peso vivo.

El henequén se cultiva en Cuba desde tiempo precolombinos, las fibras de sus hojas se utilizan principalmente en la industria textil. Sin embargo, sus tallos se desperdician, con un alto valor biológico. Estudios publicados por *García et al., (2015)* demostraron que el uso de fructanos obtenidos a partir de extractos

de esta planta, incrementan el comportamiento productivo de ratones de laboratorio y pollos de ceba.

La prohibición en muchos países del uso de los antibióticos promotores de crecimiento, promovió el estudio de alimentos nutracéuticos en la dieta de los animales, con buenos resultados en algunos indicadores biológicos (*García et al., 2012*). El mercado no exhibe alta disponibilidad de estos productos, por lo que es de actualidad la búsqueda de nuevas fuentes prebióticas; que cubran la demanda en la producción de especies no rumiantes (*Barclay et al., 2010*).

Por tanto, el objetivo de este estudio fue caracterizar desde el punto de vista físico-químico la harina de tallos de *A. fourcroydes* (henequén) como aditivo nutracéutico para la alimentación animal.

Materiales y Métodos

Toma de muestra

El estudio se realizó en la provincia de Matanzas, Cuba. La recolección de los tallos de henequén, (*A. fourcroydes* Lem.) se efectuó en las primeras horas de la mañana en el campo de la empresa "Eladio Hernández León" más conocida como la finca la "Antigua". La edad promedio de estas plantas era de nueve años sin inflorescencia. Esta zona se caracteriza por un clima subtropical, suelo Lithosol y una temperatura entre 23 y 28 °C.

El peso promedio de los tallos de *A. fourcroydes* fue de 6,50 kg, se despojaron las partes externas de la corteza con ayuda de un machete tradicional, luego se trocearon y se extendieron en una bandeja de aluminio que se secaron al sol durante 72 h; seguido se colocaron en la estufa a una temperatura de 60 °C, para obtener un secado homogéneo. Las muestras se molieron con tamices de dos y un mm de diámetro consecutivamente en un molino de martillo (*Culatte typs* MFC) hasta obtener el producto final (*Yin et al., 1993*).

Análisis físico-químico de la harina de tallos de *A. fourcroydes*

La capacidad amortiguadora ácida (CAAc) y básica (CAB) se determinó según lo descrito por *Savón et al., (2014)*, en ambos casos se usaron soluciones con concentraciones de 0,1 N. La capacidad de absorción de agua (CAA) se determinó por método gravimétrico (*Robertson et al., 1980*) y el volumen de empacado (VE) y la solubilidad (*Seoane et al., 1981*).

La materia seca (MS), cenizas (Cz), proteína bruta (PB) y extracto etéreo (EE) se determinaron según *AOAC (2006)*. Además, la fibra detergente neutro y ácida (FDN y FDA), lignina ácido detergente (LAD) y hemicelulosa se analizaron según *Van Soest (1991)*. Además, se estimó los carbohidratos

totales (CT) por diferencia según la fórmula: $CT = 100 - (PB + \text{extracto etéreo} + Cz + \text{humedad})$ (AOAC, 2006).

Para determinar los fructanos y la fructosa, las muestras se desionizaron con resina aniónica y catiónica antes del análisis. Estos carbohidratos se separaron y subsecuentemente se cuantificaron por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), se usó un Aminex HPX-87C con columna 300 x 7,8 mm y para la detección del índice de refracción, se utilizó la variante 350 RI del detector. Se inyectó un volumen de muestra de 20 μ L; la fase móvil se realizó con agua no gaseada ultra pura (grado HPLC) a una velocidad de flujo de 0,6 ml/min y una temperatura de columna de 40 °C.

La cuantificación se basó en la calibración externa de cada análisis, se realizó en un rango del 2-3 % de fructosa y fructanos (inulina de achicoria), como estándares obtenidas de Sigma. Se construyó una curva de calibración usando inulina de achicoria como estándar externo, en un rango de concentración de 0,05 a 0,45 mg/ml, con coeficiente de determinación (R^2) de 0,99 para todas las curvas de calibración. Se calculó la fructosa y los fructanos en relación a los carbohidratos totales.

Todos los análisis químicos se realizaron por triplicado en el Laboratorio de Química Analítica, perteneciente al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Guadalajara, Jalisco, México.

Análisis estadísticos

Los datos se procesaron mediante la estadística descriptiva y se determinó la media y la desviación estándar. Se usó el software estadístico SPSS versión 15.0.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1, se observan las propiedades físicas de la HTAF. Los indicadores de solubilidad, capacidad de absorción de agua y volumen de empaqueo tienden a estar relacionados y son consecuencias del contenido de polisacáridos y la lignina en la pared celular (Savón *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Propiedades físicas de la harina de tallos de *A. fourcroydes*

| Indicadores | HTAF | DE (\pm) |
|------------------------------|-------|--------------|
| Solubilidad (%) | 32,09 | 0,07 |
| CAA (g g^{-1} FDN) | 0,36 | 0,02 |
| VE (ml/g) | 3,00 | 0,04 |
| CAAc (mEq) | 0,60 | 0,02 |
| CAB (mEq) | 0,09 | 0,03 |

Media: \pm Desviación estándar (DE).

CAA: capacidad de absorción de agua, VE: volumen de empaqueo, CAAc: capacidad de absorción de agua, CAAc: amortiguadora ácida, CAB básica.

La solubilidad en la HTAF pudo estar determinada por los bajos contenidos de FDN, celulosa, hemicelulosa y lignina y altos contenido de fructanos (principalmente olifructosa) solubles en agua. Autores como *Madrigal y Sangronis (2007)* indicaron que la oligofructosa tiene mayor solubilidad que la inulina.

La capacidad de absorción de agua en la harina mostró valores de 0,36 g/g FDN, tenores que están en correspondencia con el bajo contenido de FDN, propiedad que incide en mejor absorción de los nutrientes a nivel del tracto gastrointestinal. Similar a lo que se plantea (*Mateos et al., (2012)*). Investigaciones realizadas por *Savón et al., (2014)* encuentran valores muy superiores para alimentos fibrosos y leguminosos temporales relacionados la FDN.

Así, un bajo contenido de FAD (7,77 %) en la HTAF, pudo influir en el volumen de este material, siendo inferior en alimentos fibrosos utilizados comúnmente en la nutrición cunícula, aunque superior al maíz (*Zea mays*) (1,71 ml/g) con una FAD de 13,20 % (*Savón, 2004*).

Una de las propiedades físicas relacionadas con la regulación del pH de la fibra en el tracto gastrointestinal, es la capacidad amortiguadora (ácida y básica). Este indicador cuantifica la resistencia de la fibra al variar su pH (*Jeraci y Van Soest, 1990*). Así, la HTAF mostró mayor tendencia (Cuadro 1) de la potencialidad amortiguadora frente a los ácidos (0,60 mEq) que ante las bases (0,09), lo cual pudo deberse a los nutrientes presentes en esta planta.

A pesar de que no existe información de estos indicadores en harinas a partir de tallos de *Agave spp.*, este estudio (como nutraceutico) se consideran positivos al compararlo con resultados de *Savón et al., (2014)*, quienes evaluaron alimentos fibrosos. Estos autores, indican que una mayor CAAC favorece las condiciones de pH en el medio y en el TGI de las especies no rumiantes, ya que durante el proceso de digestión se producen cambios desde muy ácido hasta cerca de la neutralidad, lo que ayudaría a la actividad de determinadas enzimas. Esta propiedad demuestra que este alimento nutraceutico (HTAF) puede contribuir a mantener las condiciones de este indicador en el TGI de los conejos, importante para el proceso de asimilación de los nutrientes (*De Blas y Mateos, 2010*).

En el Cuadro 2, se observa la bromatología básica de la harina de tallos de *Agave fourcroydes* (HTAF). La materia seca (95,29 %), indicó bajo contenido de agua y alto de nutrientes. Esto demuestra, que este producto puede ser almacenado por largo tiempo, sin riesgo de contaminación, y se corresponde con el buen estado conservación, ya que es conocido que alimentos con una alta humedad influyen en la proliferación de micotoxinas, lo que repercute directamente en la respuesta animal (*Bryden, 2008*).

Cuadro 2. Composición bromatológica básica de la harina de tallos de *Agave fourcroydes* (HTAF). Base seca.

| Ítems (%) | HTAF | DE (±) |
|-----------------|-------|--------|
| Materia seca | 95,29 | 0,68 |
| Proteína cruda | 6,01 | 0,15 |
| Extracto etéreo | 0,06 | 0,01 |
| Cenizas | 5,20 | 0,33 |
| Carbohidratos | 84,02 | 0,03 |

Media, ± Desviación estándar (DE).

Indiscutiblemente, la forma de presentación del material vegetal incide en el contenido de MS. Estudios con la muestra fresca de los tallos de *Agave fourcroydes* (33 %), *salmiana* (28,90) y *tequilana* (28,91); (García, 2010; Montañez et al., 2011), muestran valores inferiores a 95,29 %; Cuadro 2). Similar ocurre con la estructura de la planta evaluada, ya que las hojas de *Agave salmiana* (10) y *tequilana* (20,59 %) indicaron menores contenidos de materia seca que los tallos de estas plantas y que en el presente trabajo (95,29) (Montañez et al., 2011). Así, Pinos et al., (2008) encuentran variabilidad química en varias especies de este género.

Por otro lado, Murugesan y Orsat (2012) recomiendan diferentes formas de secado para la concentración y producción de ingredientes nutracéuticos. Así, el uso de los tallos en forma de harina con más de 95 % de MS, sería la forma más adecuada de los *Agave spp.*, como aditivo en la alimentación animal y en especial en la nutrición cunícola.

La PB (6,01 %) en la HTAF (Cuadro 2) indicó bajos tenores con relación a los ingredientes convencionales utilizados en la alimentación animal, como el maíz (8,09), trigo (10,2), soya (44) y alfalfa (11,3) (De Blas y Mateos, 2012), esto no demerita la composición química de la HTAF, porque este producto se utilizaría como aditivo nutracéutico en pequeñas concentraciones en las dietas, sin afectar el consumo de PB y la respuesta animal.

Los nutracéuticos, se caracterizan por ser alimentos con altas concentraciones de carbohidratos y lípidos benéficos (Tan et al., 2009) pero bajos contenidos de PB, excepto algunas fuentes alimenticias con aminoácidos nutracéuticos como arginina, triptófano y ácido glutámico. Así, otras especies han mostrado resultados similares a los alcanzados en este estudio (Campos et al., 2015), mientras que valores inferiores, se han informado (Montañez et al., 2011).

Los tallos de *Agave spp.* mostraron muy bajo contenido de extracto etéreo. Así, las harinas de las especies de *Agave fourcroydes* (Cuadro 2), *tequilana* y *salmiana* mostraron concentraciones de extracto etéreo de 0,06, 0,34 y 0,69 %, respectivamente (Montañez et al., 2011). A pesar del bajo nivel de tal sustancia en el *Agave spp.*, otros componentes disueltos en lípidos pueden ser

identificados, como los alcaloides y coumarinas, con funciones importantes en la salud humana y animal, estos resultados son similares a otros (Soto, 2011). Las cenizas representan el contenido relativo de minerales, que incluyen los iones esenciales para los humanos y animales. De este modo, la concentración de cenizas (5,20 %) en la planta estudiada (HTAF) (Cuadro 2) fue mayor que el encontrado en la harina de tallos de *Agave tequilana* (4,01) y similar al *salmiana* (5,02), como algunas semillas oleaginosas como lino (3,3) y colza (4,0) (De Blas y Mateos, 2012), utilizadas en ocasiones como alimentos esenciales en las dietas de los animales (Martínez, 2009).

El contenido de carbohidratos en la HTAF (Cuadro 2) mostró altos valores en este compuesto (84,02 %), similar a lo notificado por Mellado-Mojica et al., (2013) quienes indican que esta biomolécula es la más representativa en los tallos de *Agave spp.* También, Montañez et al., (2011) señalan que el tallo funciona como el principal órgano de reserva y acumula la mayor cantidad estos compuestos principalmente fructanos.

Autores como Montañez et al., (2011) encuentran una alta concentración de carbohidratos en la harina de tallos de *Agave tequilana* (79,65) y *salmiana* (73,31%) y Nakamura et al., (1995) en la alcachofa de Jerusalén (*Helianthus tuberosus*), pero menores contenidos que los mostrados en el Cuadro 2 (84,02). Esto indica que la HTAF es una fuente rica en fructanos, corroborado por García (2010) en el extracto seco del tallo de este *Agave (fourcroydes)*.

Por otro lado, Valenzuela (2003) indica que el contenido de carbohidratos en los tallos de los *Agave spp.*, varía principalmente por la edad de la planta y recomienda la cosecha entre 8 a 10 años, tiempo en el que el vegetal tiene la mayor concentración de carbohidratos. Esto se tomó en cuenta para recolectar los tallos de *Agave fourcroydes* en este experimento (nueve años), similar a otra notificación (García et al., 2015).

Cuadro 3. Fraccionamiento de la fibra de la harina de tallos de *A. fourcroydes*

| Indicadores (%) | HAF | DE± |
|-----------------|-------|------|
| FDN | 16,27 | 0,76 |
| FDA | 8,50 | 0,85 |
| Lignina | 0,43 | 0,09 |
| Celulosa | 15,82 | 0,25 |
| Hemicelulosa | 7,77 | 0,60 |

Media, ± Desviación estándar (DE).

El fraccionamiento de la fibra de la HTAF se muestra en el Cuadro 3. El contenido de FDN (16,27) y FAD (8,50 %) en este producto (HTAF) fue similar a lo encontrado en el *Agave sap* (Tovar et al., 2011). Sin embargo, Mata et al., (2011) evaluaron las especies *mapisaga* y *salmiana* como forrajes e informaron valores superiores entre 24 y 28 % para la fibra detergente neutra y entre 18 y 23 para la ácida. Se debe destacar, que para la preparación de la HTAF, el tallo se despojó de la corteza externa (esclerénquima), lo pudo

determinar una disminución de la estructura lignocelulósica del producto final, ya que *Marrero (1996)* indica que por esta razón, esta estructura de sostén es una de la menos aprovechables por los animales.

La Figura 1, presenta los contenidos de fructanos (85,95) y fructosa (15 %) en la HTAF. El alto contenido de carbohidratos totales (Cuadro 2) en el tallo incidió en una alta concentración de fructanos en esta planta. Así, esta harina (*A. fourcroydes*) posee de fructanos 68,28 % (Base húmeda), valores similares se encuentran por *García et al., (2010)*, cuando evalúan el extracto seco de esta planta agavácea (65,01 a 66,27) y el *Agave salmiana* (66,8), respectivamente.

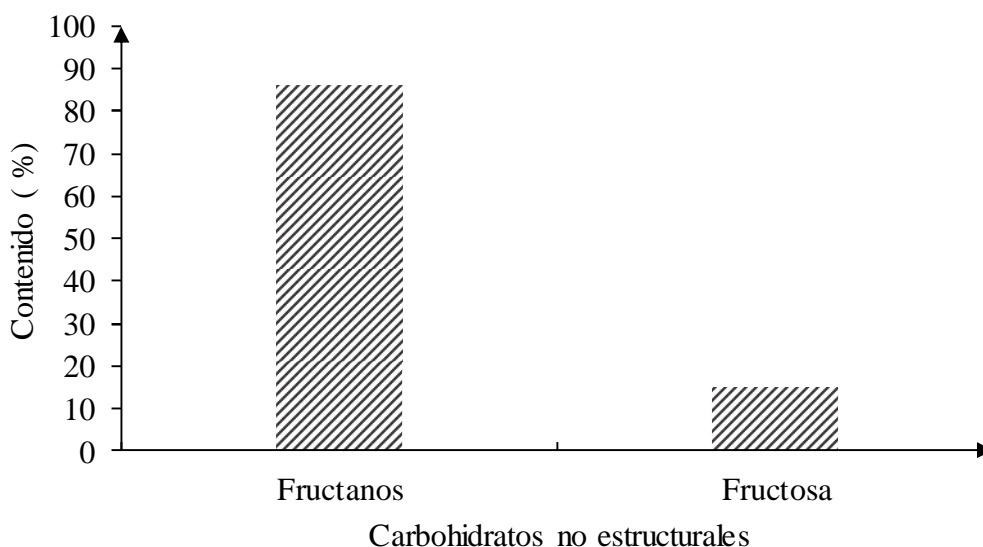


Figura 1. Contenido de fructanos (DE±0,60) y fructosa (DE±0,78) de la harina de tallos de *Agave fourcroydes*

Estos resultados confirman que el tallo de *Agave fourcroydes* es uno de los alimentos más ricos en fructanos y son candidatos excepcionales para utilizarlos como aditivos nutracéuticos en la alimentación animal, como ya fue demostrado (*García, 2010*), al utilizar el extracto seco como prebiótico en animales de laboratorio.

Ulloa et al., (2010) mencionan que los fructanos son polímeros de fructosa derivados de la molécula de sacarosa, la cual es un disacárido y glucosa. Estos productos, tienen diferentes estructuras y longitudes de cadena. *Mancilla-Margalli y López (2006)* notifican diferencias estructurales en los fructanos de *Agave spp.*, mediados principalmente por las condiciones medioambientales donde crecen las plantas, similar a otros resultados informados (*García et al., 2012*).

Según *García (2010)*, los fructanos en el *Agave fourcroydes* de Cuba, están constituidos principalmente por oligosacáridos, los cuales forman una mezcla polidispersa con presencia de agavinas poco ramificadas, graminanos y fructanos de la serie Fn. Otros estudios han encontrado mayores

concentracione tipo inulina en comparación con los oligofruktosa, como ocurre para el *Agave tequilana* (43,24), *salmiana* (44,25 %) y Achicoria (*Cichorium intybus*) (Madrigal y Sangronis 2007; Montañez et al., 2011).

Aunque existen contradicciones científicas en la acción biológica comparativa de la inulina y oligofruktosa, se ha demostrado que ambos tipos de fructanos proporcionan efectos benéficos al organismo animal y humano, se desempeñan como agentes prebióticos, pues incrementan las BAL, con una exclusión competitiva favorable y disminuyen la concentración de colesterol y glucosa en sangre (Delzenne y Kok, 2001).

También, se detectó la presencia de fructosa en la HTAF (Figura 1), siendo este monosacárido el más representativo en esta planta, tal como lo calificó Rendón-Salcido et al., (2007) y García (2010) en el *Agave fourcroydes* cultivado en México y Cuba. Los enlaces tipo β de las unidades de fructosa, tanto en la inulina como la oligofruktosa, se hidrolizan con la consecuente formación de este carbohidrato (Franck, 2002). Así, el contenido de fructosa en estos polímeros varía de acuerdo a su grado de polimerización promedio (Montañez et al., 2011).

Es importante destacar, que los tallos de *Agave fourcroydes* constituyen desechos agrícolas en nuestro país, solo se aprovechaban las hojas para la industria textil. Sin embargo, el tallo es la parte de la planta que contiene la mayor cantidad de carbohidratos, lo cual constituye un suplemento que pudiera mejorar los indicadores productivos y de salud en los animales.

Conclusión

Las propiedades físicas de la fibra de la HTAF indicaron baja capacidad de absorción de agua, aceptable solubilidad y volumen de empaquetado y mayor capacidad amortiguadora ácida que básica, con alto contenido de MS, carbohidratos totales y fructanos, adecuados tenores de cenizas y bajos niveles de PB, extracto etéreo, FDN, FAD y LAD, lo que indica el potencial nutracéutico de este producto para la alimentación animal.

Bibliografía

- AOAC. 2006. Official Methods of Analysis of AOAC.[14] 18th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- Baraza RE; Ángeles C. S; García P. A. y Valiente B. A. 2008. Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época seca, en el valle de Tehuacán, México. Interciencia. 32(12):891-896.
- Barclay T; Ginic-Markovic M; Cooper P. y Petrovski N. 2010. Inulin a versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses. J. Excip. Food Chem. 1(3): 27-50.

- Bovera F; Lestingi A; Iannaccone F; Tateo A. y Nizza A. 2012. Use of dietary mannanoligosaccharides during rabbit fattening period: effects on growth performance, feed nutrient digestibility, carcass traits, and meat quality. *J Anim Sci* 90, 3858-3866.
- Bryden WL. 2008. Mycotoxins and animal productivity. In *World Nutrition Forum*. September 18th -20th, Tyrol, Austria (3)31-33.
- Casper W. 2001. The role of dietary fiber in the digestive physiology of the pig. *Anim Feed Sci Techn.* 90(1):21-23.

Cruz-Guerrero A; Hernández-Sánchez H; Rodríguez-Serrano G; Gómez-Ruiz L;

García-Garibay M. y Figueroa-González I. 2014. Commercial probiotic bacteria and

prebiotic carbohydrates: a fundamental study on prebiotics uptake, antimicrobials production and inhibition of pathogens. *J Sci Food Agr.* 94(11): 2246-2252.

- De Blas JC., Mateos, G.G., 2010. Feed formulation. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.). *The Nutrition of the Rabbit*. 2nd ed. CABI Publishing. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 222-232.

- Delzenne NM y Kok N. 2001. Effects of fructanos- type prebiotics on lipid metabolism. *Am J Clin Nutr*, 73(2 Suppl). 456 S- 458S.

- Franck A. 2002. Technological functionality of inulin and oligofructose. *British J Nutr*; 87: 287-291.

- FAO. 2015. El maíz en la alimentación humana. Depósitos de documentos de la FAO. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/doc/fao/meeting> . [Consultado: enero 2015].

- Flamm G; Glinsmann W; Kritchevsky D; Prosky L. y Roberfroid M. 2001. Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. *Crit Rev Food Sci.* 41(5): 353-362.

- Campos MEF; Cotrina L; y Guzmán B. R. 2015. Extracción y caracterización de la inulina presente en los tubérculos de la *Dahlia* spp. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 16(31).

- García Y. 2010. Obtención de fructanos a partir del *Agave fourcroydes* (Lem.), caracterización estructural y evaluación biológica como prebiótico. [Tesis en opción al grado académico Dr. en Ciencias Veterinarias]. Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque. Cuba. 134 p.

- García Y; Guadalupe M. Bocourt R; Alvelo N. y Nuñez O. 2010. *Agave fourcroydes*, una planta con potencialidades para obtener prebióticos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*. 17(1). 29-31.

- García Y; Mercedes G; López R; Bocourt Z; Urías-Silvas J. y Herrera M. 2012. Fermentación *in vitro* del extracto de *Agave fourcroydes* (henequén) por bacterias ácido lácticas. *Rev Cubana Cienc. Agr.* 46(2). 203-209.

- García-Curbelo Y; Bocourt R; Savón L. L; García-Vieyra M. I. y López M. G. 2015. Prebiotic effect of *Agave fourcroydes* fructans: an animal model. *Food Funct.* 6(9): 3177-3182.

- Glibowski P. y Bukowska A. 2011. The effect of pH, temperature and heating time on inulin chemical stability. *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 10(2): 189-196.
- Hernández-Soto M; Venegas J; Vivar M. y Ramos E. 2011. Extracción, caracterización y cuantificación de los fructanos contenidos en la cabeza y en las hojas del *Agave tequilana* Weber Azul. 23(3):199-206.
- Iñiguez C; Díaz T; Sanjuan D; Anzaldo H. y Rowell, M. 2001. Utilization of by products from the tequila industry. Part 2 Potencial value of *Agave tequilana* Weber azul leaves. *Bioresource Technol.* 77(2):101-108.
- Jaime L; Mollá E; Fernández A; Martín-Cabrejas M. A; López-Andréu F. J. y Esteban R. M. 2002. Structural carbohydrate differences and potential source of dietary fiber of onion (*Allium cepa* L.) tissues. *J Agr Food Chem.* 50(1): 122-128.
- Janssens G. y Van Loo J. 2006. Prebiotics improve mineral metabolism. *World Poult.* 22(2):14-15.
- Jeraci JL. y Van Soest P.J. 1990. Improved methods for analysis and biological characterization of fiber. *Advances in Experimental Medicine and Biology.* 270:245-263.
- López G; Mancilla M. Mendoza D. 2003. Molecular structures of fructans from *Agave tequilana* Weber azul. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 51:7835-7840.
- Madrigal L. y Sangronis, E. 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Arch-Latinoam-Nutr.* 57(4):387-396.
- Mateos GG; Jiménez- Moreno E; Serrano M.P. y Lázaro R.p. 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *J. Appl. Poult. Res.* 21:156-174.
- Martínez M; Savón L; Dihigo L.E; Hernández Y; Oramas A; Sierra F; Montejo A; Cueto M. y Herrera F.R. 2010. Indicadores fermentativos cecales y sanguíneos en pollos de ceba que consumen harina de follaje de *Morus alba* en la ración. *Rev. Cubana Cienc. Agr.* 44(1):49-53
- Martínez Y. 2009. Caracterización química de la harina de semilla de calabaza (*Cucurbita*) y su empleo en la alimentación de gallinas ponedoras y pollos de ceba. [Tesis presentada en opción al Grado Científico de Dr. en Ciencias Veterinarias]. Universidad de Granma, Bayamo, Cuba. 112.
- Mata EM; Torres-C. M; Hernández-I G. M; Cobos-P. A; Rodríguez-S. G; Luevano-L. A; Guzmán-G D. y Gámez-A. M. 2011. Degradación in vitro de *Agave mapisaga*, *Agave salmiana* var. *Salmiana* y *Agave salmiana* var. *Ferox*. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas.* 10:123-129.
- Mateos G; Jiménez –Moreno E; Serrano M. y Lázaro R. 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *J. Appl Poult Res.* 21(1):156-174.
- Mancilla-Margalli NA & Lopez M.G. 2006. Water-soluble carbohydrates and fructan structure patterns from *Agave* and *Dasyliirion* species. *J Agric Food Chem* 54, 7832–7839.
- Mellado-Mojica E. y López-Pérez M. G. 2013. Análisis comparativo entre jarabe de agave azul (*Agave tequilana* Weber var. azul) y otros jarabes naturales. *Agrociencia*, 47(3), 233-244.
- Montañez J; Venegas J; Vivar M. y Ramos E. 2011. Extracción, caracterización y cuantificación de los fructanos contenidos en la cabeza y en las hojas del *Agave tequilana* Weber Azul. *Bioagro.* 23(3): 199-206.

- Murugesan R. y Orsat V. 2012. Spray drying for the production of nutraceutical ingredients a review. *Food and Bioprocess Technology*. 5(1): 3-14.
- Nakamura T; Ogata Y; Shitara A; Nakamura A. y Ohta K. 1995. Continuous production of fructose syrups from inulin by immobilized inulinase from *Aspergillus niger* mutans. *J. Ferm. Bioeng.* 80(2):164-169.
- Otero R. 2005. El cultivo del henequén (*Agave fourcroydes*, Lem) como planta textil y su aprovechamiento integral. Disponible en: <http://www.mixteca.utm.mx/temas-docs/e0923.pdf> [Consultado: 20/04/2014].
- Pinos JM; Zamudio M. y González S.S. 2008. The effect of plant age on the chemical composition of fresh and ensiled *Agave salmiana* leaves. *South African Journal of Animal Science*. 38 (1): 43-50.
- Rendón-Salcido L. A; Magdub-Méndez A; Hernández-Terrones L. y Larqué-Saavedra A. 2007. El jarabe de henequén (*agave fourcroydes* Lem.). *Revista Fitotecnica Mexicana*, 30(4), 463-467.
- Roberfroid M. 2005. Introducing inulin-type fructans. *British J Nutr.* 93(1):13-25.
- Roberfroid M. y Delzenne N. 1998. Dietary fructans. *Annu Rev Nutr.* 18(1): 117-143.
- Robertfroid M. 2007. Prebiotics: the concept revisited. *J. Nutr.* 137(3): 830S-837S.
- Robertson J. A; Eastwood M. A. y Yeoman M. M. 1980. An investigation into the physical properties of fiber prepared from several cant variation of different stages of development. *J. Sci. Food. Agric.* 31(7):633-638.
- Savón L; Valiño E; Bell R. y Hernández Y. 2014. Dinámica de las propiedades físicas y fraccionamiento de la fibra de la harina de forraje integral de dolico (*Lablab purpureus*) biotransformada con *Trichoderma viride* para la alimentación de monogástricos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(2), 145-148.
- Salcido L; Méndez L. y Larqué, S. 2007. El jarabe de henequén. *Rev Fitotec Mex.* 30(4):463-466.
- Sánchez L; Vichi J; Llanes M; Castro E; Soler D. y Espinosa M. 2011. Aislamiento y caracterización *in vitro* de cepas de *Lactobacillus* spp. Como candidatos a prebióticas. *Rev Salud Anim.* 33(3):154-160.
- Savón L; Scull I; Orta M. y Torres V. 2004. Physicochemical characterization of the fibrous fraction of five tropical foliage meals for monogastric species. *Cuban J. Agric. Sci.* 38:281.
- Savón L; Scull I; Gutiérrez O. y Ojeda F. 2005. Harinas de follajes tropicales. “Una alternativa para la alimentación de especies monogástricas. *Pastos y Forrajes* 28(1): 69-79.
- Savón L; Scull I; Orta M. y Martínez M. 2007. Harinas de follajes integrales de tres leguminosas tropicales para la alimentación avícola. Composición química, propiedades físicas y tamizaje fitoquímico. *Rev Cubana Cienc Agr.* 41(4): 359-361.
- Seoane JR; Coté M; Sérails O. y Laforest J. P.1981. Prediction of the nutritive value of alfalfa and timothy feed as hay to growing seep. *Can J Anim Sci.* 61(2):403-408.
- Silos E; Clara L; González S; Méndez- G. y Dritmar R. 2011. Estudio integral del Maguey (*Agave salmiana*), propagación y valor nutricional. *Rev Salud Pública Nutr.* 5. 75-82.
- Silos H; González A; Carrillo A; Guevara L; Valverde G. y Paredes L. 2010. Chemical composition and *in vitro* propagation of *Agave salmiana* gentry. *J Hortic Sci Biotech.* 82(3): 355-359.
- Soto F. 2011. Caracterización fitoquímica y antibacteriana *in vitro* de las hojas de *Anacardium occidentale* L. (marañón). [Tesis en opción al grado científico de Master en Ciencias]. Universidad de Granma, Bayamo. Cuba, 69.

- Slavin J. 2003. Impact of the proposed definition of dietary fiber on nutrients databases. *J Food Compos Anal.* 16(3): 287-291.
- Tovar-Robles CL; Perales-Segovia C; Nava-Cedillo A; Valera-Montero L.L; Gómez-Leyva J.F; Guevara-Lara F. 2011. Effect of aguamiel (Agave sap) on hematic biometry in rabbits and its antioxidant activity determination. *Ital. J. Anim. Sci.*10(2).
- Tan B; Yi E; Zhiqiang E; Liu L; Xinguo X; Haijun K; Xiangfeng H; Ruilin T; Wenjie S; Izuru B; Stephen S; Smith y Wu G. 2009. Dietary L-arginine supplementation increases muscle gain and reduces body fat mass in growing-finishing pigs. *Amino Acids* 37: 169–175.
- Ulloa A., Espinosa, H., Rodríguez, K., Ulloa, P., Ulloa, B. & Ramírez, J. 2010. Los fructanos y su papel en la promoción de la salud. *Revista Fuente* 2:57-62.
- Valenzuela Zapata, A. G. (2003). *El agave tequilero: cultivo e industria de México* No. SB317. T48 V34.
- Van Soest P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J-Dairy-Sci* 74(10), 3583-3597.
- Yin Y. L; Zhong H. Y; Huang R. L; Chen C. M; Li T. J. y Pai Y. F. 1993. Nutritive value of feedstuffs and diets for pigs. I. Chemical composition, apparent ileal and fecal digestibility. *Anim Feed Sci Technol.* 44(1):1-27.

REDVET: 2016, Vol. 17 N° 10

Este artículo Ref. 061601 está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101016.html>
concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101016/101609.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®.

Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con Veterinaria.org® <http://www.veterinaria.org> y con
REDVET®- <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>