

## Inclusión de niveles de harina de granos de *Canavalia ensiformis* en la fermentación de la caña de azúcar en estado sólido (Sacchacanalavia)

A. Elías<sup>1</sup>, Lien Aguilera<sup>2</sup>, Y. Rodríguez<sup>2</sup> y F. R. Herrera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana

<sup>2</sup>Unión de Investigación Producción de la celulosa del bagazo. UIP CUBA 9. CAI Pablo Noriega, Quivicán La Habana.

Correo electrónico: aelias@ica.co.cu

Se estudió la fermentación en estado sólido (FES) de la mezcla de caña de azúcar molida y grano de canavalia molido. Se realizó un experimento, según diseño completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, para estudiar el efecto de la adición de 0, 25, 50 y 75 % de canavalia, además de urea, azufre, minerales y Vitafert como inóculo. A medida que se incrementaron las proporciones de la canavalia, hubo ascenso ( $P < 0.001$ ) del pH de 4.3 a 8.41. La PB y la PV ascendieron ( $P < 0.001$ ) de 11.3 a 22.06 % y de 6.4 a 15.52 %, respectivamente. El componente fibra ácido detergente (FDA) se redujo ( $P < 0.001$ ) a más de 50 %, con el nivel más alto de inclusión del grano de canavalia molido. La digestibilidad de la materia orgánica *in vitro* (DMOIV) aumentó ( $P < 0.001$ ) hasta valores de 83.33 %. También se incrementó la concentración energética disponible, de 10.88 a 2.13 MJ/kg de MS. Se concluye que la inclusión de canavalia puede aumentar el contenido de proteína y disminuir los componentes fibrosos en la FES de mezclas de caña de azúcar y canavalia.

Palabras clave: Vitafert, componentes fibrosos, digestibilidad, caña de azúcar

La canavalia, sembrada en condiciones favorables, produce entre 2.5 y más de 6 t de granos/h en Venezuela (León 1991). Sin embargo, en Cuba alcanzó menos de 1 t/ha, cuando se sembró en julio, en suelo ferralítico rojo, y más de 2 t/ha en diciembre (Díaz 2000).

La composición química del grano de canavalia en base seca, según León (1991) y Díaz (2000) es muy atractiva. Contiene entre 26 y 32 % de PB, aproximadamente 24 % de PV, 40 % de almidón, de 7 a 9 % de FB y buen balance mineral y energía metabolizable, con rangos de 10.6 a 12.5 MJ/kg. Vargas y Michelangeli (1994) consideraron este grano rico en lisina, treonina y arginina, pobre en aminoácidos azufrados y triptófano. Además, contiene alta concentración de canavanina (11.5 g.100 g<sup>-1</sup> de aminoácidos), que se considera un aminoácido tóxico y un factor antinutricional.

Las fermentaciones son procesos que permiten variar la composición físico-química de algunos productos agrícolas y lograr nuevas opciones para la alimentación animal. Además, la práctica de procesos fermentativos permite mejorar la calidad de la caña de azúcar. Al respecto, Elías *et al.* (1990) sugirieron crear un producto energético-proteico a partir de la caña de azúcar, al cual se denominó Saccharina. Se caracteriza por contener mayor tenor proteico que la caña original (11.1-16 % de PB y 14.5 – 16.5 MJ/kg de EB). Con su uso se han obtenido buenos resultados en la alimentación del ganado vacuno.

Sin embargo, para mejorar la composición de la Saccharina se propuso la inclusión de fuentes amiláceas y proteicas en la mezcla inicial de la fermentación, con lo que se mejoró la calidad de este producto (Elías *et al.* 2001, Rodríguez *et al.* 2006 y Ramos *et al.* 2006). Sin embargo, cuando Elías y Lezcano (2000) incluyeron mezclas de urea y granos de soja sin desgrasar, en FES

de caña de azúcar, hubo incremento del pH, con aumento del N-ureico y pérdidas considerables de N.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de niveles crecientes de harina de grano de canavalia como fuente proteica en el componente protéico, la fracción fibrosa, la digestibilidad y la concentración energética del producto fermentado.

### Materiales y Métodos

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, para analizar el efecto de los niveles de sustitución de la caña por canavalia (0, 25, 50, 75 %). Se empleó tallo de caña de azúcar y granos de canavalia. Los tallos se utilizaron limpios, sin hojas, pajas, ni cogollo y se molieron en molino Bolgar estacionario, después de 24 h de cortada la caña, según tecnología propuesta por Elías *et al.* (1990). Los granos de canavalia se secaron al sol y se molieron en partículas muy finas. Los tratamientos con canavalia recibieron 5, 20 y 35 % de agua, respectivamente, según se incrementó la cantidad de granos molidos. Todos los tratamientos recibieron 1 % de urea, 0.2 % de sulfato de magnesio y 0.5 % de minerales y se inocularon con 10 % de Vitafert (producto biológicamente activo, rico en lactobacilos y levaduras, obtenido por fermentación líquida). Se utilizaron frascos Roux como cámara de fermentación. Se incubó a temperatura ambiente durante 24 h.

Se pesaron 10 g de muestra y se añadieron 90 mL de agua destilada estéril. La mezcla se agitó durante 30 min. en zaranda y después se filtró a través de gasa.

Al filtrado se le determinó el pH y los ácidos grasos de cadena corta totales (AGCCt), según Couttyn y Boucqué (1968).

Al resto del producto fermentado se le calculó la materia seca (MS) y la proteína bruta (PB), según

AOAC (1995). La proteína verdadera (PV) se determinó de acuerdo con Berstein (1968) referido por Meir (1986). Para el fraccionamiento de la fibra ácido detergente (FAD) y neutro detergente (FND), así como para la celulosa y lignina se procedió según van Soest y Wine (1967). La materia orgánica (MO) y la digestibilidad de la materia orgánica *in vitro* (DMOIV) se determinaron por Kesting (1977). Para el análisis de los datos se utilizó el sistema estadístico INFOSTAT (2001). Las diferencias entre medias se establecieron según Duncan (1955).

### Resultados y Discusión

El pH de un cultivo cambia con la actividad metabólica y la capacidad amortiguadora del sustrato (Sahlin 1999), debido a diferentes razones, entre las que se encuentran: la liberación de ácidos orgánicos como el acético y el láctico por la oxidación incompleta del sustrato o el consumo de iones amonio, que provocan un descenso del pH, mientras que la asimilación de los ácidos del medio o la liberación del amonio, por la desaminación de la urea u otras aminas, inducen el efecto contrario (Prior *et al.* 1992).

Teóricamente, en los procesos de fermentación en estado sólido (FES), pudiera ocurrir la sincronización entre el NNP disponible de la urea y los carbohidratos de la caña de azúcar. En este sentido, los microorganismos tendrían fuentes de nitrógeno y de carbono disponibles para incorporar a sus protoplasmas y formar cadenas de aminoácidos, lo que resultaría en mayor crecimiento y síntesis de proteína. Sin embargo, en este estudio, no se produjo una sincronización adecuada, ya que la introducción de canavalia provocó incremento ( $P < 0.001$ ) en el pH a las 24 h de fermentación, sin diferencias entre tratamientos (tabla 1), con valores de 4.3 en el control y 8.4 en los tratamientos con canavalia. Esto pudiera relacionarse con la presencia de ureasa en el grano molido de canavalia, que provocó una abrupta producción de amoníaco por hidrólisis de la urea (Sundaram y Laidler 1970).

caña de azúcar, donde el pH se incrementó a valores de 8.17.

Se conoce que en los procesos de FES de la caña de azúcar se establecen especies de bacterias que hidrolizan la urea y liberan  $\text{NH}_3$  al medio, que es el responsable, en gran medida, del aumento del pH en el producto (Valiño *et al.* 1994).

La adición de niveles crecientes de canavalia, como fuente de almidón y proteína, a la caña de azúcar, con el objetivo de disminuir los polisacáridos estructurales no amiláceos del producto final por efecto de disgregación, disminuyó los azúcares totales de la caña de azúcar y aumentó el pH al final de la FES. Esto sugiere que el almidón no se degradó en la cantidad suficiente para proporcionar energía y fuente de carbono a la microbiota que se desarrolló en el sistema, debido al corto tiempo de fermentación (24 h). Además, pudo producirse un déficit de energía y esqueletos carbonados fácilmente disponibles para que los microorganismos utilizaran de modo más eficiente el N amoniacal aportado por la urea. A su vez, es difícil distinguir cuantitativamente los cambios producidos entre la proteína microbiana sintetizada y otras fuentes de proteína del sustrato.

Los contenidos de AGCC mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos donde se incluyó la canavalia. Sin embargo, no difirieron del tratamiento control (tabla 1). Elías y Lezcano (2000) informaron valores similares cuando incluyeron grano molido de soya sin desgrasar, para valores de 5 a 10 mmoles.

Hubo incremento en la PB y la PV con la inclusión de canavalia (tabla 1). La PB aumentó ( $P < 0.001$ ) en 10.7 % y la PV, en 9.1 %, con respecto al control. Este incremento pudiera relacionarse con el aporte en proteína incorporado por el grano de canavalia, el cual contiene de 26 a 32 % de proteína (Valdivié y Elías 2006), ya que el nivel de urea añadido fue el mismo para todos los

Tabla 1. Niveles de inclusión del grano de canavalia molido en la Saccharina (Sacchacanavalia) y su efecto en algunos indicadores de la fermentación

Indicador	Niveles de canavalia, %				EE $\pm$ sign
	0	25	50	75	
pH	4.3 <sup>a</sup>	8.43 <sup>b</sup>	8.45 <sup>b</sup>	8.41 <sup>b</sup>	0.05***
AGCC, meq/L	8.17 <sup>ab</sup>	8.98 <sup>b</sup>	6.17 <sup>a</sup>	9.96 <sup>b</sup>	0.63*
MS, %	33.16 <sup>a</sup>	45.55 <sup>b</sup>	52.41 <sup>c</sup>	59.96 <sup>d</sup>	1.00***
PB, %	11.3 <sup>a</sup>	15.68 <sup>b</sup>	19.64 <sup>b</sup>	22.06 <sup>d</sup>	0.32***
PV, %	6.4 <sup>a</sup>	10.14 <sup>b</sup>	13.53 <sup>b</sup>	15.52 <sup>b</sup>	0.87***

<sup>abcd</sup> Medias con superíndices no comunes en fila difieren a  $P < 0.05$  (Duncan 1955)

\*  $P < 0.05$  \*\*\*  $P < 0.001$

Resultados similares obtuvieron Elías y Lezcano (2000), cuando incorporaron harina de granos de soya sin desgrasar como fuente de nitrógeno en la FES de la

tratamientos. Con el mayor nivel de inclusión del grano de canavalia, se lograron valores superiores de PB y PV, con respecto a los informados por Elías *et al.* (2001).

Estos autores fermentaron mezclas de caña y soya inoculada con Vitafert, con valores de 21.09 % y 10.39 %, respectivamente, y mezclas de caña, maíz y soya con Vitafert, para obtener 22.19 % de PB y 15.93 % de PV. Estos últimos valores coinciden con los resultados de Elías *et al.* (2001).

Hubo aumento en la relación PV: PB x 100, con la inclusión de los diferentes niveles del grano de canavalia, de 56.6 a 70.3 %, con incremento de 13.7 %. Este valor fue superior a lo obtenido por Elías *et al.* (2001) al fermentar caña-soya-Vitafert, para 49.3 %. Además, resultó similar a lo logrado por estos autores con caña-maíz-soya-Vitafert, para 71.8 %.

Hubo incremento ( $P < 0.001$ ) en el contenido de MS, con la inclusión de canavalia, con valor inicial de 33.16 y final de 59.96 %, para el tratamiento de mayor inclusión del grano. Este incremento pudiera relacionarse con el valor de MS (86-91%) de la harina de canavalia (Díaz 2000)

La inclusión de canavalia también provocó disgregación significativa ( $P < 0.001$ ) de los componentes fibrosos (FDN, FDA, celulosa y lignina) (tabla 2). Esta reducción del componente fibroso, se debió a la inclusión del grano molido de canavalia, que posee menor contenido fibroso que el sustrato sustituido, aunque también se conoce que durante el proceso de fermentación hay mayor fraccionamiento de la fibra (Durand *et al.* 1987), pero este efecto es menor. Elías y Lezcano (1994),

Rodríguez (2005a) y Rodríguez (2005b), al utilizar respectivamente harina de maíz, tubérculo de boniato y yuca, como elementos disgregadores con los que lograron reducción de hasta 50 % del componente fibroso, encontraron valores semejantes a los de este trabajo.

La reducción de los componentes fibrosos determinó incremento ( $P < 0.001$ ) de la digestibilidad de la materia orgánica (DMOIV) (figura 1), que partió de 74.81 en el primer tratamiento, hasta llegar a 83.33 % de digestibilidad, con mayor inclusión de harina de canavalia y 8.52 % de elevación. Estos resultados fueron similares a lo informado por Rodríguez *et al.* (1998), Rodríguez (2005a) y Rodríguez (2005b), cuando disminuyeron el componente fibroso, al incluir tubérculos de yuca y boniato en mezclas de caña para fermentar. También fueron semejantes a los de Elías *et al.* (2001), al fermentar mezclas de caña con soya y maíz, en las que incluyeron Vitafert. Resultaron también muy parecidos a los de Ramos *et al.* (2006), quienes incluyeron sorgo, maíz, pulidora de arroz o pulpa de cítricos.

Este aumento de la digestibilidad de la materia orgánica condujo al incremento ( $P < 0.001$ ) de la concentración energética disponible, de 10.88 a 12.13 MJ/kg de MS de energía metabolizable, para el tratamiento de mayor inclusión de canavalia. Estos resultados coinciden con los trabajos realizados por Rodríguez *et al.* (1998) y Elías *et al.* (2001), quienes al reducir los componentes fibrosos con elementos disgregadores, lograron mejorar la DMO y, por tanto, la energía metabolizable del producto fermentado. El fósforo aumentó ligeramente, con valores que fluctuaron de 0.17 % a 0.36 %, siendo mayor con la inclusión máxima de canavalia (Tabla 3).

Según los resultados de componentes bromatológicos obtenidos, se sugiere la posibilidad de contar con una nueva opción para la alimentación animal.

En todos los tratamientos donde se incluyó el grano de canavalia, el pH sobrepasó valores de 8 y se incrementó la PB y PV. A medida que aumentaron los niveles de inclusión de la canavalia, hubo efecto

Tabla 2. Efecto del nivel de canavalia en los componentes fibrosos, después de la fermentación de mezclas de caña y canavalia

Indicador	Niveles de canavalia, %				EE ± sign
	0	25	50	75	
FDN	46.39 <sup>d</sup>	39.09 <sup>c</sup>	32.71 <sup>b</sup>	27.65 <sup>a</sup>	0.91***
FDA	27.9 <sup>d</sup>	18.76 <sup>c</sup>	15.40 <sup>b</sup>	12.73 <sup>a</sup>	0.38***
Lignina	5.0 <sup>c</sup>	3.07 <sup>b</sup>	1.92 <sup>a</sup>	1.82 <sup>a</sup>	0.17***
Celulosa	22.44 <sup>d</sup>	15.44 <sup>c</sup>	13.25 <sup>b</sup>	11.63 <sup>a</sup>	0.29***

<sup>abcd</sup> Medias con superíndices no comunes en fila difieren a  $P < 0.05$  (Duncan 1955) \*\*\*  $P < 0.001$

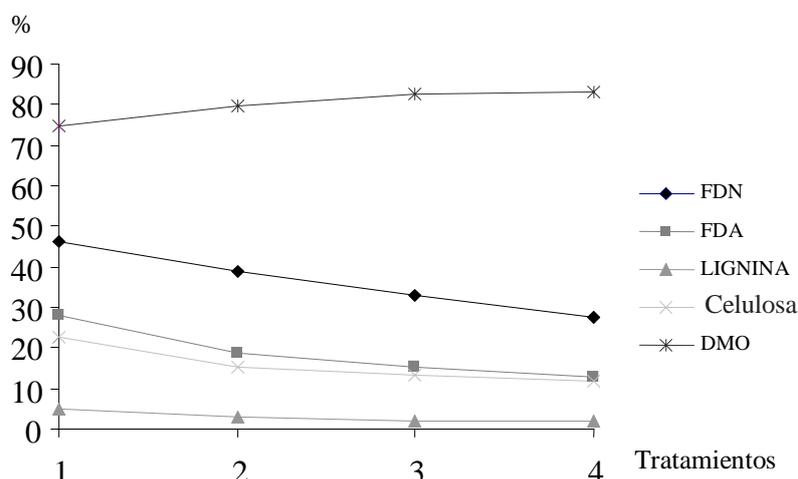


Figura 1. Efecto de los componentes fibrosos en la DMOIV

Tabla 3. Efecto del nivel de canavalia en el fósforo, calcio y ceniza, después de la fermentación de mezclas de caña y canavalia

Indicador	Niveles de canavalia, %				EE ± sign
	0	25	50	75	
P	0.17 <sup>a</sup>	0.27 <sup>b</sup>	0.31 <sup>b</sup>	0.36 <sup>c</sup>	0.014***
Ca	0.49	0.50	0.45	0.52	0.06
Ceniza	6.04	6.78	6.11	5.26	

<sup>abc</sup> Valores con diferentes letras difieren a  $P < 0.05$  (Duncan 1955) \*\*\*  $P < 0.001$

disgregador en la fracción fibrosa, lo que provocó descenso notable de sus componentes. Se logró incrementar la DMOIV y la concentración energética, a medida que se elevaron las proporciones de canavalia.

### Referencias

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. Ass. Off. Agric. Chem. 16<sup>th</sup>. Washington, D.C.

Cottyn, B.G. & Boucqué, C.V. 1968. Rapid method for gas fluid. Agric. Fd. Chem. 16:107

Díaz, M.F. 2000. Producción y caracterización de leguminosas temporales para la alimentación animal. Tesis de Doctor. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba

Durand, A., Renaud, R., Almanza, S., Maratray, J., Diez, M. & Desgranjes, D. 1993. Solid state fermentation reactors from laboratory: scale to pilot plant. Rev. Biotech. Adv. 11:591

Duncan, D.B. 1955. Multiple ranges and multiple F test. Biometrics 11:1

Elías, A. & Lezcano, O. 1994. Efecto de niveles de maíz en la fermentación de caña de azúcar. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 28:319

Elías, A. & Lezcano, O. 2000. Inclusión of deffatted and full fat soybean meal in the solid state fermentation of sugar cane. (Sacchasoya). Cuban J. Agric. Sci. 24:1

Elías, A., Lezcano, O. & Herrera, F.R. 2001. Bromatological indicators and final fermentation products for the production of four types of Saccharina inoculated with Vitafert. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 35:145

Elías, A., Lezcano, O., Lezcano, P., Cordero, J. & Quintana, L. 1990. Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico de la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido (Saccharina). Rev. Cubana Cienc. Agríc. 24:3

INFOSTAT. 2001. Software Estadístico. Manual de usuario. Versión 1. Córdoba. Argentina

Kesting, V. 1977. Sektion Tiavevnagrung Vortragstagung der Gesellschaft Fur ErnährungDDR. DDR. p. 306

León, A. 1991. El grupo de trabajo de canavalia: promoviendo nuevas alternativas para la alimentación. FONAJAP. Divulga.

Meir, H. 1986. Laborpractike. Tierernahrung und futtermittelkunde fur Tierproduktion. Verlag, Germany. p. 75

Prior, B., Jame, C., Preez, D. & Reir, P.W. 1992. Enviroment parameters solid substrate cultivation. Biotech. Letters. Cap. 5. p. 65

Ramos, J.A., Elías, A. & Herrera, F.R. 2006. Procesos para la producción de un alimento protéico.energético para animales. Efecto de cuatro fuentes energéticas en la fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 40:51

Rodríguez, Z. 2005a. Uso del boniato (*Ipomea batata* Lam) en la tecnología de fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar. La Habana. Tesis de Doctor. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba

Rodríguez, Y. 2005b. Obtención de un alimento energético-protéico a través de la FES de mezclas de caña de azúcar y tubérculo de yuca. La Habana. Tesis de Maestría Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba

Rodríguez, Z., Boucourt, R., Elías, A., Herrera, F.R. & Núñez, O. 2006. Efecto del grosor de la capa en la fermentación de mezclas de caña (*Saccharum officinarum*) y boniato (*Ipomea batata* Lam). Rev. Cubana Cienc. Agríc. 40:173

Rodríguez, Z., Elías, A. & Riverí, Z. 1998. Estudios de utilización del boniato en la fermentación en estado sólido de la caña de azúcar. Rev. Cub. Cienc. Agríc. 32:329

Sahlin, P. 1999. Fermentation as a method of food processing, production of organic acids, pH development and microbial growth in fermenting cereals. Licentiate thesis. Division of Applied Nutritive and Food Chemistry. Center for Chemistry and Chemical Engineering, Lund Institute of Technology, Lund University.

Sundaram, P.V. & Laidler, K.J. 1970. The urease-catalyzed hydrolysis of some substituted ureas esters of carbamic acid. Can. J. Biochem. 48:1132

Valdiviá, M. & Elías, A. 2006. Potentialities of the *Canavalia ensiformis* grain fermenteed with sugar cane (Sacchacanavalia) in broilers. Cuban J. Agric. Sci. 40:441

Valiño, E., Elías, A., Alvarez, E., Quintana, M. & Montes de Oca, N. 1994. Composición de especies de bacterias aisladas del proceso de la Saccharina.1. Bacterias gram negativas. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 28:69

Van Soest, P.J. & Wine, R.H. 1967. Use of detergents is the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-constituents. J.Assoc. Agric. Chem. 56:781

Vargas, R.E. & Michelangeli, C. 1994. Utilización de la *Canavalia ensiformis* (L) en dietas para aves y cerdos. II Encuentro Reg. Nutr. Alim. Monogast. La Habana, Cuba

**Recibido: 26 de abril de 2007**