

Urea y maíz en la fermentación aeróbica de bagazo de manzana para la producción de proteína microbial

Urea and corn on aerobic fermentation from apple pomace to produce microbial protein

A. BECERRA BERNAL¹, CARLOS RODRÍGUEZ MUELA^{*}, JORGE JIMÉNEZ CASTRO¹, OSCAR RUIZ BARRERA¹, ARABEL ELÍAS IGLESIAS² Y ALEJANDRO RAMÍREZ GODÍNEZ¹.

Recibido: Enero 2, 2006

Aceptado: Febrero 4, 2008

Resumen

Se realizaron dos experimentos para la producción de proteína microbiana (PM) a partir de bagazo de manzana (BM) por fermentación en estado sólido (FES). En el primer experimento se utilizó un diseño completo al azar con arreglo factorial de 2x3 y se mezcló BM con dos porcentajes de urea (1.5 y 2.0%) y tres niveles de maíz molido (MM) (0, 10 y 20%). En el segundo experimento se empleó un diseño completo al azar con arreglo factorial de 4 x 3 usando BM mezclado con 0, 10 y 20% de MM bajo cuatro tiempos de preparación (1, 2, 3 y 4 d). Los resultados encontrados en el primer estudio mostraron interacción en la producción de proteína cruda (PC) ($P < 0.05$) y de proteína verdadera (PV) ($P < 0.01$) con una disminución de los valores de estas variables al adicionar MM. La mayor densidad óptica (DO) de levaduras ($10.66 \text{ UFC} \times 1000$) se observó en el tratamiento con 1.5% de urea en comparación a $7.29 \text{ UFC} \times 1000$ con 2% de urea ($P < 0.05$). La DO se redujo ($P < 0.01$) conforme se aumentó el nivel de MM con valores de 12.86, 7.52 y $6.55 \text{ UFC} \times 1000$ para 0%, 10% y 20% de MM. La digestibilidad de la materia orgánica (DMO) fue favorecida ($P < 0.01$) con el incremento de urea, con valores de 62.21% y 73.45% para 1.5 y 2% de urea en la mezcla, respectivamente. Se concluyó que el incremento de urea en la FES de BM genera mayor cantidad de PV y disminuyó con la adición de MM a la mezcla, aunque se mejoró la digestibilidad.

Palabras clave: Subproductos de manzana, levaduras, fermentación

Abstract

Two experiments for microbial protein production (PM) by solid state fermentation (SSF) of apple pomace (BM) were carried out. In the first experiment a complete random design with factorial arrangement of 2x3, BM was mixed with two percentages of urea (1.5 and 2.0%) and three levels of grinding corn (MM) (0, 10 and 20%). In the second experiment a complete random design with factorial arrangement of 4 x 3 using BM mixed with 0, 10 and 20% of MM under four times of preparation (1, 2, 3 and 4 d). The results found in the first study showed interaction ($P < 0.05$) in the production of crude protein (PC) and of true protein (PV) ($P < 0.01$) with a decrease of the values of these variables upon adding MM. The biggest optic density of yeasts ($10.66 \text{ UFC} \times 1000$) was observed in the processing with 1.5% of urea in comparison to $7.29 \text{ UFC} \times 1000$ with 2% of urea ($P < 0.05$). Optic density of yeast was reduced ($P < 0.01$) when level of MM was incremented with values of 12.86, 7.52 and $6.55 \text{ UFC} \times 1000$ for 0%, 10% and 20% of MM. The organic matter digestibility was favored ($P < 0.01$) with the increment of urea, with values of 62.21% and 73.45% for 1.5 and 2% of urea in the mixture, respectively. It was logged off that the increase of urea in the SSF of BM generates greater quantity of PV and diminished with the addition of MM to the mixture, although improved the organic matter digestibility.

Key words: Apple byproducts, yeasts, fermentation

¹Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México. Km. 1.5 carretera Chihuahua-Cuauhtémoc. CP.

² Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba

* Autor de correspondencia: crmuela@uach.mx

Introducción

La fermentación en estado sólido (FES) de residuos agroindustriales, es un proceso biotecnológico utilizado en la obtención de productos orgánicos mediante la ayuda de microorganismos inoculados o naturales. Durante el proceso de fermentación de sustratos ricos en azúcares y celulosa, la biomasa microbiana se duplica debido a que utiliza la energía contenida junto con el nitrógeno no proteico (NNP), adicionado para el crecimiento de la microflora. Como resultado, se produce un incremento en la población de bacterias y levaduras, aún en la fase de secado sin la utilización de inóculo en el sistema (Valiño *et al.*, 1992).

Dentro de este contexto, el valor nutritivo del bagazo de manzana (BM) representa una alternativa como fuente potencial de alimento animal. En México estos subproductos han recibido muy poca atención. Diversos autores recomendaron incluir en la crianza y engorda de bovinos un 60% (Manterola *et al.*, 1998), en bloques proteicos 70% (Becerra, 1998) y 30% en vacas lecheras (Anrique y Dossow, 2003).

El estado de Chihuahua produce cerca de 400,000 t de manzana al año, como resultado de la selección de esta fruta se generan cerca de 100,000 t de manzana de desecho (UNIFRUT, 2003) y aproximadamente 25,000 t de BM (CONFRUTTA, S. A.). Existen estudios sobre las características nutricionales del BM ensilado, así como de sus limitaciones; sin embargo, no se cuenta con información acerca de la producción de proteína microbiana (PM) en BM por medio de FES por medio de métodos convencionales.

Se condujeron dos experimentos con el objetivo de evaluar la bio-conversión, y como consecuencia, la producción de proteína microbiana (PM) adicionando niveles de urea y maíz molido (MM). Este conocimiento permitirá un mejor aprovechamiento del BM en la alimentación animal y al mismo tiempo, evitará un serio problema de contaminación ambiental por este residuo.

Materiales y Métodos

Dos experimentos se desarrollaron en el laboratorio de procesados para la alimentación animal. Los análisis químicos se realizaron en laboratorio de nutrición animal ambos pertenecientes a la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua. La preparación de los tratamientos se llevó a cabo durante los meses de octubre y noviembre de 2004 con temperaturas de 20 a 35°C durante el día y de 12 a 9°C por la noche.

Tratamientos. En un primer experimento se utilizó bagazo de manzana tal como se obtiene después del proceso de extracción de jugo de la manzana, adicionado con tres niveles de maíz molido, dos niveles de urea, rastrojo de maíz (10% fijo), premezcla de vitaminas y minerales (0.5%) y sulfato de amonio (0.20 y 0.26%) para 1.5 y 2% de urea en la mezcla, respectivamente. Los tratamientos consistieron en mezclar 2 kg de bagazo de manzana con las cantidades de urea (1.5 o 2%) y MM (0, 10 y 10%) asignadas según el tratamiento a un tiempo de preparación (TP) de 24 h. Para el segundo experimento se empleó bagazo de manzana fresco preparando los tratamientos con un solo nivel de urea (1.5%) y maíz (0, 10 y 20%) con cuatro tiempos de preparación (0, 24,

48 y 72 h) de haberse recolectado el bagazo de manzana. En el análisis químico practicado al BM se encontró que el contenido de MS fue de 19.20% y para PC (5.93%), estos rangos coinciden con los reportados por otros autores (Hours *et al.*, 1987; Joshi y Sandhu, 1996). El porcentaje de PV fue de 4.51, mientras que la FDN se encuentra por arriba (56.82%), de la observada por Anrique y Paz (2002) que fue de 46.43%. En cuanto a la FDA se obtuvo un valor de 48.33%. También presentó un contenido celular elevado de 43.18%, en tanto que para hemicelulosa fue bastante bajo (5.69%), celulosa (30.18%), lignina (28.56%) y cenizas (1.83%). De acuerdo con el bajo contenido de cenizas, el BM ofrece numerosas ventajas que no presentan otros residuos de cosecha como el rastrojo de maíz y la paja de trigo, ya que estos tienen 17.5 y 11.0% de cenizas, según lo reportaron Socol *et al.*, (2003).

Una vez preparadas las muestras se colocaron en piso de concreto para el proceso de fermentación. Se removieron cada 2 h durante el día para oxigenarlas y estimular la respiración de los microorganismos aerobios siguiendo las indicaciones de Fundora *et al.*, (1996). Una vez que las muestras se fermentaron y perdieron la humedad suficiente para su almacenamiento, se molieron en un molino Wiley^{MR} con tamiz de 1 mm para su posterior análisis en el laboratorio.

Análisis físico-químico. Las variables evaluadas en laboratorio fueron: digestibilidad de la materia orgánica (DMO) siguiendo el método Tilley y Ferry (1963), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), proteína cruda (PC) utilizando las técnicas descritas en AOAC (1980) y proteína verdadera (PV) según Meir (1986). Los valores de densidad óptica de

levaduras (DO) se obtuvieron pesando 1 g de la muestra seca sin moler y mezclada en solución salina de NaCl al 0.1% agitándola durante 10 minutos. Se filtro en 4 gasas y finalmente se procedió al conteo de levaduras en la cámara de Neuvawer por observación directa al microscopio de acuerdo al número de diluciones requeridas para su medición.

Análisis estadísticos. Los datos de laboratorio obtenidos de las 90 observaciones de ambos experimentos se sometieron a un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2x3 para el primer experimento 4x3 para el segundo, con 5 repeticiones para ambos experimentos y fueron analizados mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2000).

Resultados y Discusión

Experimento 1.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cinco repeticiones, con arreglo factorial 3 X 2. El factor A estuvo representado por tres concentraciones de maíz molido (MM) o, 10 y 20%. El factor B consistió de dos niveles de urea: 1.5 y 2%. El incremento de urea mejoró significativamente DMO ($P < 0.01$). No se encontró efecto por nivel de urea (NU) para la FDN ($P > 0.05$). La FDA disminuyó ($P < 0.01$), así como la DO ($P < 0.05$) por el aumento de urea en el BM (Tabla 1).

Cuadro 1. Efecto del nivel de urea en algunas variables evaluadas en la preparación de manzanina

Variable BS	Urea%		P-value
	1.5	2.0	
Dig. MO %	62.212±0.70 ^b	66.76±0.70 ^a	$P < .01$
FDN %	56.55±0.62 ^a	55.18±0.62 ^a	$p > .05$
FDA %	36.47±0.89 ^b	42.91±0.88 ^a	$P < .01$
DOUFC*1000	10.66±1.1 ^b	7.29±1.1 ^a	$P < .05$

a, b Literales diferentes entre columnas indican diferencia significativa ($P < .05$)

BS= Base seca, MO= Materia orgánica, FDN= Fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente ácido y DOUFC*1000= Densidad óptica en unidades formadoras de colonia*1000

En cuanto a la FDN y la FDA, la adición de MM produjo en decremento en sus valores ($P < 0.01$) como es lógico por la disminución de la fibra en el BM. La DO también disminuyó ($P < 0.01$) por efecto de la adición de MM (Tabla 2). Con estos datos se puede demostrar que los carbohidratos de los cereales como el grano de maíz no son un sustrato donde se desarrollen con éxito las levaduras, ya que éstos no son de rápida fermentación. Rodríguez *et al.* (2005b) encontraron efecto similar en la disminución de la DO de levaduras (108 y 75 UFC*1000) en manzana de desecho fermentada al incrementar la urea y el MM en las mismas cantidades antes mencionadas; sin embargo, los parámetros encontrados en el BM fermentado fueron inferiores (10.66 y 7.29 UFC*1000) para los niveles de urea de 1.5 y 2%.

Cuadro 2. Efecto del nivel de maíz molido en algunas variables evaluadas en la elaboración de manzanarina.

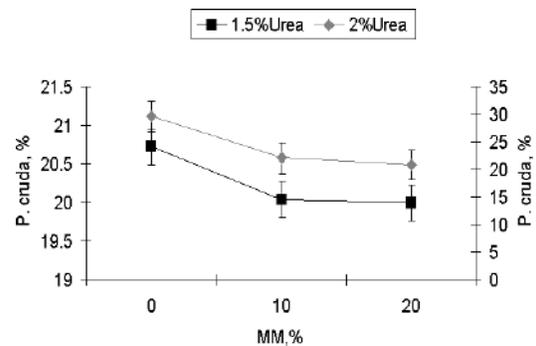
Variable BS	Maíz %			P value
	0	10	20	
Dig MO %	59.72±0.86 ^c	64.98±0.86 ^b	68.34±0.86 ^a	$P < .01$
FDN %	64.55±0.76 ^c	55.53±0.76 ^b	47.42±0.76 ^a	$P < .01$
FDA %	53.24±1.09 ^c	35.07±1.09 ^b	30.75±1.09 ^a	$P < .01$
DOUFC*1000	12.86±1.34 ^c	7.52±1.34 ^b	6.55±1.34 ^a	$P < .01$

a, b, c Literales diferentes entre columnas indican diferencia significativa ($P < .01$)

BS= Base seca, MO= Materia orgánica, FDN= Fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente ácido y DOUFC*1000= Densidad óptica en unidades formadoras de colonia*1000

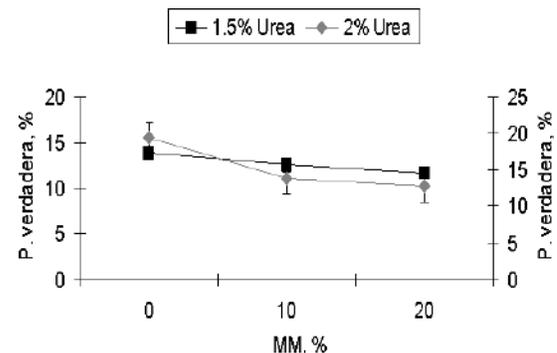
Se encontró efecto significativo ($P < .05$) en la disminución de PC por influencia de los factores NU y MM al incrementarse ambos en el BM (Figura 1).

Fig. 1 Efecto del nivel de urea y MM con BM fermentado en la PC



En relación a la PV se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) por el aumento del NU y MM (Figura 2). El efecto negativo en esta variable al incrementarse los dos ingredientes en principio pudo haberse originado debido a que el maíz presentaba un bajo contenido de carbohidratos solubles (Chesson y Forsberg, 1988), mientras que el bagazo puede tener del 9 al 22% de azúcares fermentables (Hang *et al.*, 1981).

Figura 2 Efecto del nivel de urea y MM con BM fermentado en la PV

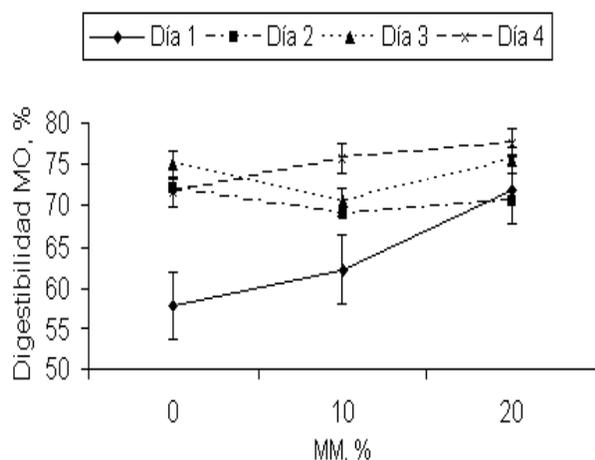


Experimento 2.

La FDN no se afectó ($P < 0.01$) por el TP ($53.76\% \pm 1.26$, $51.50\% \pm 1.26$ y $53.06\% \pm 1.26$) de los días 1, 2 y 4, excepto para el día tres ($46.19\% \pm 1.26$). La disminución en la FDN fue notoria ($P < 0.01$) conforme se adicionó MM (59.055 ± 1.09 , $52.29\% \pm 1.09$ y 42.035 ± 1.09) para los niveles 0, 10 y 20% de MM. La diferencia presentada en la FDN al tercer día de preparación de tratamientos es posible que se haya originado, debido a que en el proceso de extracción de jugo de la manzana de desecho se separan dos tipos de BM, uno compuesto por cáscara principalmente, y el otro con mayor contenido de material altamente fermentable de consistencia pastosa y alto contenido de fibra digestible (Anrique y Paz, 2002) por lo que la homogeneidad del BM no es constante.

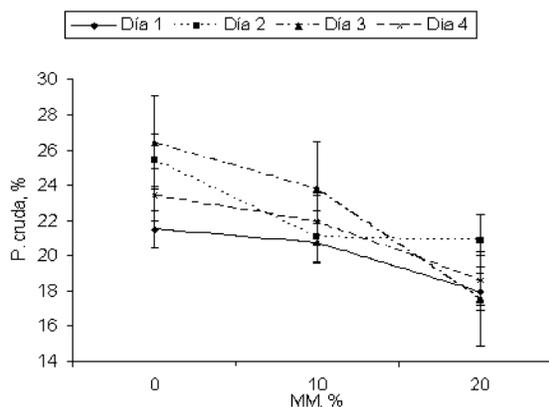
La DMO se vio influenciada por efecto de TP y nivel de MM ($P < 0.05$), observándose en estos resultados que la DMO se mejoró en algunos tratamientos al iniciar la inclusión de MM en el BM (Figura 3).

Figura 3. Efecto de tiempo y MM en BM fermentado en la DMO



La PC disminuyó significativamente ($p < 0.01$) por la influencia del TP y NU, ya que según se observó, el posponer la fermentación de BM junto con la inclusión de MM provocó una pérdida gradual en esta variable (Figura 4).

Figura 4. Efecto de tiempo y nivel de MM en BM fermentado en la PC

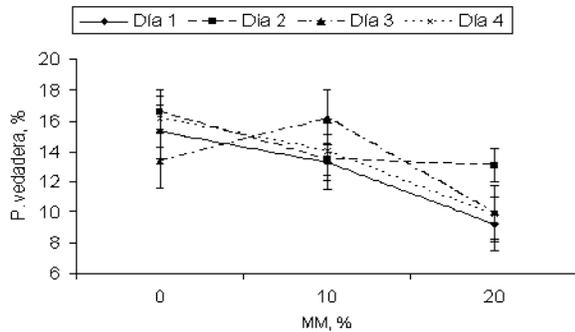


Esta situación probablemente se debió a que en estos tratamientos el nitrógeno no proteico de la urea no es bien aprovechado por microorganismos que se desarrollan en sustratos ricos en almidón, perdiéndose en forma de amoníaco. Esto pudiera ser posiblemente un reflejo en el conteo de levaduras, en la PV y aun en la PC, valores que fueron mayores sin la adición de MM.

Para la variable PV como indicador de crecimiento microbial se encontró interacción significativa ($P < 0.01$) por efecto de los factores TP y nivel de MM, observándose de manera general el mismo efecto de disminución cuando se añade MM (Figura 5). Joshi y Sandhu (1996) mencionaron que la proteína cruda inicial del BM sin fermentar fue incrementada de 5.8 a alrededor de 18% por medio de la FES de BM con levaduras. La PV detectada en el BM utilizado en este experimento mostró un valor de 4.5%, y de acuerdo a los valores alcanzados en esta variable la PV se elevó de dos a cuatro veces mas en algunos

tratamientos, evidentemente con la ayuda de los aditivos utilizados dado el bajo contenido de PC inicial que presentó el BM.

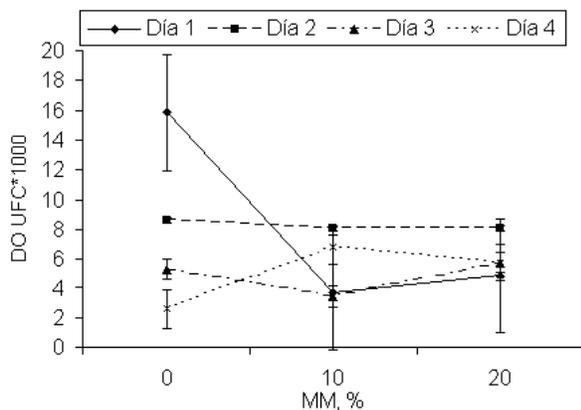
Figura 5. Efecto de tiempo y nivel de MM en BM



Así mismo Ramos et al., (2005) reportaron porcentajes similares de PV con el uso de diferentes fuentes energéticas como MM, sorgo molido, pulidura de arroz y pulpa de cítricos en FES de caña de azúcar, resultando con mayor porcentaje de PV los tres cereales (12.65, 12.80 y 13.72%) y (10.62%) para pulpa de cítricos.

La DO también fue influenciada significativamente por el TP y nivel de MM ($P < 0.01$) con disminuciones relacionadas con el incremento de MM (Figura 6).

Figura 6. Efecto de tiempo de preparación y nivel de

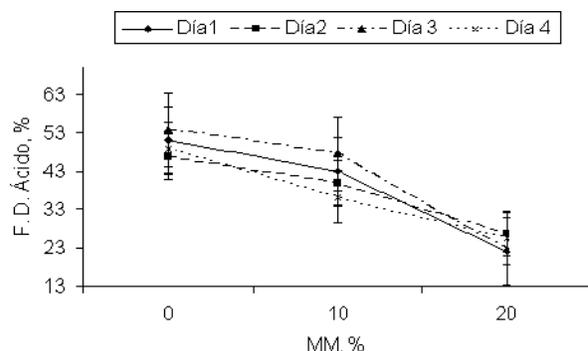


Hang et al., (1981) mencionaron que la

fermentación de BM esta influenciada por la temperatura de la mezcla en la producción de alcohol y el consumo de azúcares por las levaduras a una temperatura mínima de 30°C. Es evidente que bajo las condiciones medioambientales en que se desarrolló este estudio no se proporcionó la temperatura ideal que favoreciera el crecimiento de levaduras, lo cual pudo ser el reflejo de la baja DO encontrada y la nula correlación con la PV. La respuesta contrastante en la DO de levaduras como indicador de PV posiblemente también se haya debido a la presencia de bacterias amilolíticas como *Lactobacillus amylophilus* L(+) que proliferan en presencia de humedad y abundancia de almidones junto con fuentes de nitrógeno en FES, (Altaf et al., 2005). Estas condiciones inhibieron el desarrollo de levaduras y estimularon el crecimiento de bacterias aerobias las cuales no fueron cuantificadas.

La FDA fue afectada significativamente por nivel de MM ($P < 0.01$), independientemente de TP, observándose una baja progresiva en los valores de esta variable a medida que se incrementó el MM en la mezcla, tal y como se muestra en la Figura 7.

Figura. 7 Efecto de tiempo y nivel de MM con BM fermentado en la FDA



Literatura Citada

- ANRIQUE, R. & C. Dossow. 2003. Efectos de la pulpa de manzana ensilada en la ración de vacas lecheras sobre el consumo, tasa de sustitución y producción de leche. Arch. Med. Vet. V.35 n1
- ANRIQUE, R. & Paz, M. 2002. Efecto del ensilado sobre la composición química y degradabilidad ruminal de la pomasa de manzana. Arch. Med. Vet. V.34 n.2
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis (14th Ed.). Association of Analytical Chemist, Washington, DC
- ALTAf, M., B. Naveena., M. Venkateshwar, E. Vijay, & G. Reddy. 2006 Single step fermentation of starch to L (+) lactic acid by *Lactobacillus amylophilus* GV6 in SSF using inexpensive nitrogen sources to replace peptone and yeast extract-Optimization by RSM. Disponible, <http://www.sciencedirect.com.proxy2.library.uiuc.edu/science?>
- BECERRA, A. 1998. Elaboración de bloques proteicos para suplementación de ganado en agostadero utilizando un subproducto de manzana con cuatro tipos de secante. (Tesis de Maestría) Chihuahua Chihuahua. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- CHESSON, A. & Forsberg, C. W. 1988. Polisaccharide degradation by rumen microorganisms. In the rumen microbial ecosystem. Ed. P. N. Hason p 259. Elsevier Applied Science. London and New York
- FUNDORA, O., P. Martín, A. Elías & R. Llerandi. 1996. Efecto de la suplementación proteica de raciones basadas en Saccharina rústica para bovinos en crecimiento-ceba. Rev. Cubana de Ciencia. Agric. 30:163
- HOURS, R., C. Voget & R. Ertola. 1988. Some Factories Affecting Pectinase Production from Apple Pomace in Solid-States Cultures. Biological Wastes 24: 147-157
- HANG, YD., CY. Lee & HJ. Cooley. 1981. Production of Alcohol from Apple Pomace. Applied and Environmental Microbiology Vol. 42, No. 6 p. 1128-1129
- JOSHI, V. & D. Sandhu. 1996. Preparation and evaluation of an animal fed by-product produced by solid-estate fermentation of apple pomace. Bioresource Technology 56: 251-255
- MANTEROLA, H., E. Porte, D. Cerda, L. Shiran & G. Casanova. 1998. Comportamiento productivo de toritos Hereford alimentados con altos niveles de pomasa de manzana. Avances en Producción animal 23 (1-2) 73-79
- MEIR, H. 1986. Laborpralictikure. Tierernah rung und juttermitle hunde fur tierproduzenten. Verlag. D. D. R.
- RODRIGUEZ, C., A. Becerra, J. Jiménez, O. Ruiz, A. Elías & A. Ramírez. 2005. Niveles de urea y maíz en la fermentación aerobia de manzana de desecho para la producción de proteína microbial. I Congreso Internacional de Producción Animal. La Habana, Cuba. p 317-320
- RAMOS, J., A. Elías & F. Herrera. 2005. Efecto de cuatro fuentes energéticas en la fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar. I Congreso Internacional de Producción Animal. La Habana, Cuba. p 298-302
- UNIÓN De Fruticultores del Estado de Chihuahua. 2004.
- SAS. Institute. 2002. SAS. User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- SOCCOL, C. & L. Vandenbergh. 2003. Overview of applied solid-state fermentation in Brazil. Biochemical Engineering Journal. 13: 205-218
- TILLEY, J. & R. A. Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Brit. Grassld. 18:104
- VALIÑO, E., A. Elías, E. Álvarez, E. Regalado & J. Cordero. 1992. Dinámica de crecimiento de la microbiota de la caña de azúcar durante la obtención de saccharina. Rev. Cubana de Ciencia. Agric. 26:297.

Este artículo es citado así:

BECERRA Bernal A., C. Rodríguez Muela, J. Jiménez Castro, O. Ruiz Barrera, A. Elías Iglesias y A. Ramírez Godínez: Urea y maíz en la fermentación aeróbica de bagazo de manzana para la producción de proteína. *TECNOCENCIA Chihuahua* 2(1): 7-14.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

AGUSTÍN BECERRA BERNAL†. Realizó estudios de licenciatura en la Facultad de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit en 1986. En 1998 obtuvo la maestría en Ciencias en Producción Animal y en 2006 el doctorado en producción animal con especialidad en nutrición animal en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua. De 1982 a 1992 se desempeñó como técnico laboratorista del departamento de suelos y de 1992 a 1994 fue auxiliar de investigador en la Facultad de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit. De 1994 al 2008 se desempeñó como maestro investigador de tiempo completo en la Universidad autónoma de Nayarit impartiendo diversas cátedras de licenciatura y posgrado y dirigiendo proyectos de investigación.

CARLOS RODRÍGUEZ MUELA. Es Ingeniero Zootecnista desde 1982 y estudio la maestría y el doctorado en producción animal con especialidad de nutrición animal en 1999 en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Se ha desempeñado como maestro investigador de tiempo completo en la facultad de zootecnia desde 1982, impartiendo diversas cátedras de licenciatura y posgrado habiendo formado a la fecha 8 maestros en ciencias y 2 doctores. Cuenta con el perfil PROMEP desde el 2001. Actualmente es miembro del Cuerpo Académico de Nutrición Animal (UACHIH-CA1) y cultiva la línea de investigación «Bioprocesado y evaluación integral de alimentos para animales». Ha sido responsable técnico de 8 proyectos

de investigación financiados por diversas Instituciones y dependencias oficiales y ha participado en mas de 25 congresos Nacionales e Internacionales y publicado diversos trabajos resultado de la investigación desarrollada por mas de 20 años. Ha colaborado como asesor técnico de diversas dependencias públicas y privadas como ALBAMEX, SA de CV, Fundación Produce Chihuahua y la Unión Ganadera Regional de Chihuahua, además de otros organismos y empresas privadas, relacionados con la producción animal en el Estado

OSCAR RUIZ BARRERA. En 1970 egreso de la Facultad de Zootecnia en 1970, Universidad Autonoma de Chihuahua donde obtuvo el título de Ingeniero Zootecnista. Realizó estudios de Maestría en Ciencias en la especialidad de Forrajes en el Colegio Superior de Agricultura Tropical (H. Cárdenas, Tabasco, México). En 1993 obtuvo su grado de Doctor en Ciencias, especialidad en Nutrición de Rumiantes, por la Universidad de Reading, Reino Unido. Ha sido Maestro de Tiempo Completo de la Facultad de Zootecnia de la UACH por 33 años y además ha realizado actividades de investigación desde 1970. Ha dirigido trabajos de tesis y graduado a tres alumnos licenciatura, diez de maestría y cinco de doctorado. Ha publicado siete artículos científicos en revistas arbitradas e indexadas de circulación internacional, cinco artículos en revistas de difusión nacionales y presentado mas de 40 trabajos en congresos nacionales e internacionales. Asimismo ha desempeñado diversas comisiones y puestos administrativos en la Universidad Autónoma de Chihuahua; actualmente es el responsable del Cuerpo Académico «Nutrición Animal» y líder de la línea de investigación «Bioprocesado y evaluación integral de alimentos para animales» ocota.

ARABEL ELÍAS IGLESIAS. En 1965 se gradúa de Ing. Agrónomo por la Universidad de la Habana, Cuba. En el año de 1972 se le otorga el grado de doctorado en ciencias por la Universidad de Aberdeen, Escocia. A lo largo de su vida científica ha publicado más de 150 trabajos científicos como autor o coautor y presentado más de 180 trabajos científicos en eventos nacionales o internacionales como autor o coautor. También ha participado como coautor de varios libros. Ha dictado conferencias e impartidos cursos en el campo de la Nutrición Animal en varios países tales como: Estados Unidos, México, Panamá, Brasil, Nicaragua, Venezuela y Colombia. Ha dirigido 32 tesis para la obtención del grado de Doctor en Ciencias. En Cuba recibió la condecoración Título de Héroe del Trabajo de la República de Cuba además han sido otorgados numerosos premios por su trabajo científico. Actualmente se desempeña como investigador titular, en el departamento de Ciencias Biofisiológicas en el Instituto de Ciencia Animal en la Habana, Cuba

JOSÉ ALEJANDRO RAMÍREZ GODÍNEZ. En 1977 egreso de la Universidad Estatal de Nuevo México, obteniendo el título de Bachelor en Agricultura, con área mayor otorgándosele en 1978 el grado de Maestro en Ciencias en la misma Institución en la especialidad de Reproducción Animal. En 1982 se le otorgó el grado de Doctorado en Filosofía en la especialidad de Reproducción y Genética Animal en la Universidad Estatal de Kansas. Desde 1982 se ha desempeñado como maestro de tiempo completo en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Bajo su tutoría han obtenido el grado de Doctor en ciencias tres estudiantes, 43 de maestría y un buen número de licenciatura. Ha publicado 14 artículos en revistas indexadas internacionales, 24 en revistas de difusión nacional, además ha presentado 53 trabajos en congresos nacionales e internacionales. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT y de arbitro de artículos de revistas indexadas internacionales como Interciencia y Universidad y Ciencia. Como profesionista ha estado vinculado con el sector productivo y actualmente funge como presidente del Comité Técnico se la Asociación Mexicana de Criadores Brangus. Durante el periodo de 1998 - 2002 ocupó el cargo de Director de Fomento Pecuário, Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Chihuahua.