

PRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE ALIMENTOS ELABORADOS CON CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) Y POLLINAZA FERMENTADA EN ESTADO SÓLIDO

PRODUCTION AND EVALUATION OF FEED CONCENTRATE MADE FROM SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) AND FERMENTED CHICKEN DROPPINGS IN SOLID STATE

Aranda-Ibáñez, E.M.¹; Ramos-Juárez, J.A.^{1*}; Salgado-García, S.¹; Arias-López, F. T.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Km. 3.5 Periférico Carlos A. Molina s/n, Cárdenas, Tabasco, México. CP 86500.

*Autor de correspondencia: ramosj@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la inclusión de diferentes niveles de pollinaza (estiércol de pollo) sobre el valor nutritivo de un alimento fermentado en estado sólido a base de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Se evaluaron cuatro niveles de pollinaza (0, 20, 30 y 40%) y cinco tiempos de fermentación en estado sólido (0, 24, 48, 72 y 96 h) con cuatro repeticiones en un diseño completamente al azar con arreglo factorial. Se determinó el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), proteína verdadera (PV), fibra detergente neutro (FDN), degradación *in situ* de la materia seca (DIMS) y parámetros de fermentativos (pH, temperatura, grados Brix, azúcares reductores, amoníaco, ácido láctico y ácidos grasos volátiles (AGV)). Se incrementó ($P<0.05$) la MS (40% a 49.4%), la PC (14.7% a 22.5%), la PV (7.3% a 12.6%), la DIMS (56.8% a 67.8%) por efecto de la inclusión de la pollinaza en el tratamiento testigo. Los mejores resultados fueron los tratamientos con 20% y 30% de pollinaza. A las 24 h se encontraron los mejores parámetros nutritivos y fermentativos, concluyendo que la adición de pollinaza a la caña de azúcar permite obtener un alimento fermentado con buen valor nutritivo para rumiantes.

Palabras Claves: Bovinos, trópico, suplemento, valor nutritivo.

ABSTRACT

The effect of the inclusion of different levels of chicken droppings (chicken manure) on the nutritional value of a fermented feed concentrate in solid stage made of sugar cane (*Saccharum* spp.) was evaluated. Four levels of chicken droppings (0, 20, 30 and 40%) were evaluated, and five fermentation times in the solid stage (0, 24, 48, 72 and 96 h) with four repetitions in a completely random design with factorial arrangement. The content of dry matter (DM), raw protein (RP), actual protein (AP), neutral detergent fiber (NDF), *in situ* degradation of dry matter (DIMS), and fermentative parameters (pH, temperature, Brix degrees, reducing sugars, ammonia, lactic acid), and volatile fatty acids (VFAs) were determined. The DM (40% to 49.4%), the RP (14.7% to 22.5%), the AP (7.3% to 12.6%), the DIMS (56.8% to 67.8%) increased ($P<0.05$) from the effect of inclusion of the chicken droppings on the control treatment. The best results were the treatments with 20% and 30% of chicken droppings. At 24 h the best nutritional and fermentative parameters were found, concluding that the addition of chicken droppings to sugar cane allows obtaining a fermented food with good nutritional value for ruminants.

Keywords: bovines, Tropics, supplement, nutritional value.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 7, julio, 2016. pp. 46-50.

Recibido: marzo, 2016. **Aceptado:** junio, 2016.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es un recurso potencial para la alimentación bovina en las regiones tropicales, puede complementar la escasez de pastos durante el período de sequía y contingencias ambientales debido a su gran producción de biomasa por unidad de superficie. Rodríguez *et al.* (2014) Indicaron que la caña de azúcar tiene bajo contenido de proteína, minerales y limitada degradación de la fibra, sin embargo, el proceso de fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar (Ramos *et al.*, 2006), mejora su valor nutritivo y metabolitos finales de la actividad microbiana como vitaminas, aminoácidos, ácidos grasos volátiles, enzimas y otras sustancias enriquecen el producto. La pollinaza es un coproducto de la industria avícola utilizado en la alimentación de rumiantes como fuente de nitrógeno no proteínico (NNP) y minerales por su bajo costo en el mercado, sin embargo, es catalogada como un contaminante ambiental por la presencia de residuos químicos, alta carga de microorganismos patógenos (*Echerichia coli*, *Salmonella* y *Coccideas*) procedentes del tracto gastrointestinal de las aves (Ghaly y MacDonald, 2012). Los tratamientos biológicos como las fermentaciones en estado sólido (FES) pueden eliminar estos problemas (Cifuentes *et al.*, 2016; Ramos *et al.*, 2013). El objetivo del trabajo fue evaluar diferentes niveles de inclusión de pollinaza a la caña de azúcar para obtener un alimento de buen valor nutritivo para la ganadería bovina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, ubicado en el kilómetro 3.5 Periférico Cárdenas-Huimanguillo en el municipio de H. Cárdenas, Tabasco (18° 00' N y 93° 30' O), a 9 m de altura. El clima es tipo Am (f) w'' (i') (Koppen, modificado por García, 1988). La precipitación promedio anual es de 2163 mm y la temperatura media anual de 25.9 °C. La humedad relativa promedio es de 80% con máxima de 90% y mínima de 65%. El trabajo se estableció usando un diseño completamente al azar con arreglo factorial, donde el primer factor fueron niveles de pollinaza (0, 20, 30, 40%) y el segundo factor fueron tiempos de fermentación (0, 24, 48, 72, 96 h) con cuatro repeticiones por tratamiento.

Los tallos maduros, limpios (sin hojas y sin cogollo) de caña de azúcar del cultivar Mex 69-290 fueron molidos y mezclados con 0, 20, 30, y 40% de pollinaza (según tratamiento), 0.2% de urea, 0.3% de sulfato de amonio, 0.5% de minerales de la marca Minelap phos 12[®], Laboratorios LAPISA (composición química en porcentaje: P 12, Ca 13, Cl 15.6, Na 10.4, Mg 0.6, S 0.3, Zn 0.12, Mn 0.12, Cu 0.03, Co 50 ppm, I 30 mg kg⁻¹ y Se 3.0 mg kg⁻¹) y 10% de un aditivo microbiano (ADM) de lactobacilos y levaduras obtenido por fermentación en estado líquido. El ADM se preparó mezclando 15% de melaza, 4% de pasta de soya, 4% de pulido de arroz, 0.5% de sales minerales de la marca Minelap phos 12[®], 0.32% de sulfato de magnesio, 0.48% de urea, 5% de yogur natural Yoplait[®] y 70.7% de agua, se agitó cada dos horas y fermentó durante 72 horas. Al testigo sin pollinaza se le agregó 1.5% de urea. A todos los tratamientos con pollinaza se les adicionó una cantidad de agua para mantener una proporción de 60% de humedad.

La unidad experimental fue de 10 kg. Una vez mezclados los ingredientes, se extendieron en piso en espesor de 10 cm para lograr una fermentación aeróbica. Al terminar el tiempo de fermentación según tratamiento, se tomó una muestra por el método de cuarteo según la norma mexicana NMX-AA-15-1985 hasta obtener 600 g. Las variables medidas de composición química fueron: MS, PB según AOAC (2012), PV de acuerdo con (Bernstein, 1983), FDN según Van Soest *et al.* (1991). La eficiencia de síntesis de proteína se calculó con la fórmula razón (PV/PB) 100. También se midió la DIMS a 48 h de incubación en el rumen con la metodología de Orskov *et al.* (1980). Las variables fermentativas medidas fueron: temperatura con un termómetro de 80 °C, pH con potenciómetro portátil digital CONDUCTRONIC. El análisis de los datos se realizó con el Programa Estadístico SAS System 2012, y comparación de medias por la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró interacción entre los niveles de pollinaza y los tiempos de FES en las variables MS, PB, DIMS, temperatura y pH. La MS se incrementó en todos los tiempos de FES por la inclusión de la pollinaza a la caña de azúcar en un 10% aproximadamente, sin diferencias estadística entre los niveles de pollinaza (Figura 1).

La PB se incrementó significativamente por la adición de pollinaza, sin embargo, a las 24 h de FES, en el tratamiento con mayor inclusión de pollinaza, la PB disminuyó. A partir de la 48 h de FES, el contenido de PB fue mayor ($p < 0.05$) con respecto al tratamiento testigo (Figura 2).

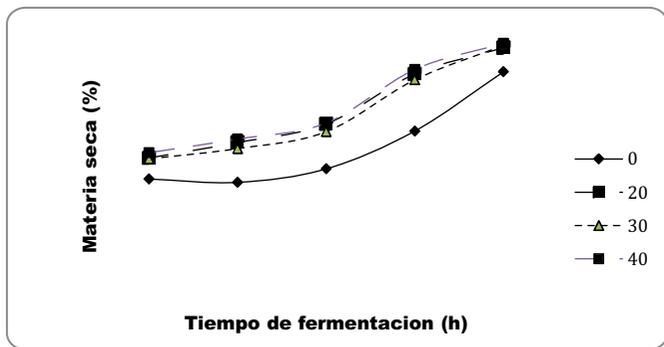


Figura 1. Efecto de los niveles pollinaza y tiempos de fermentación en el contenido de materia seca del alimento a base de caña de azúcar.

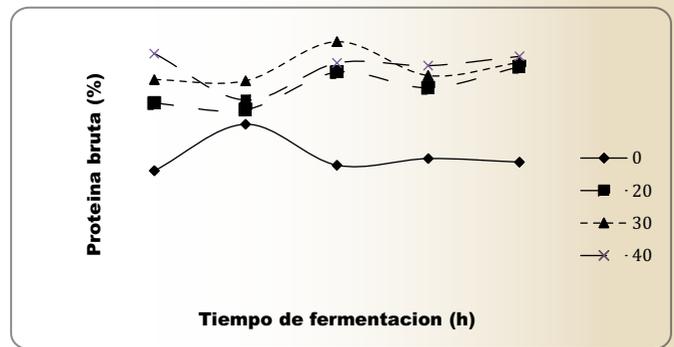


Figura 2. Efecto de los niveles pollinaza y los tiempos de fermentación en la proteína bruta del alimento a base de caña de azúcar.

La DIMS fue mayor a las 0 h de FES en el tratamiento testigo con respecto a los tratamientos que se les incluyó 30% y 40% de pollinaza, sin embargo a las 24 h de fermentación, no se encontró diferencias entre tratamientos estudiados. A partir de las 48 h de FES, los tratamientos a los cuales se les incluyó pollinaza, tuvieron mayor porcentaje de DIMS con respecto al tratamiento testigo (Figura 3).

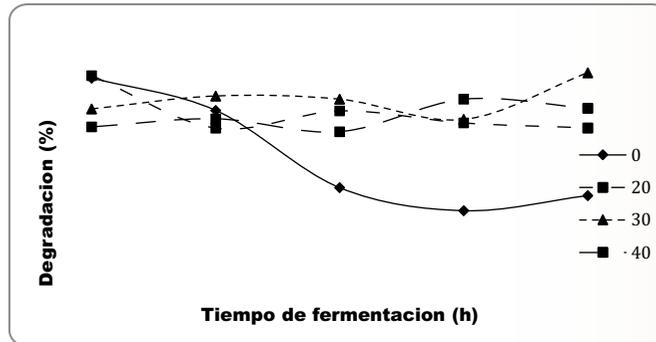


Figura 3. Efecto de los niveles pollinaza y los tiempos de fermentación en la degradación *in situ* de la materia seca del alimento a base de caña de azúcar.

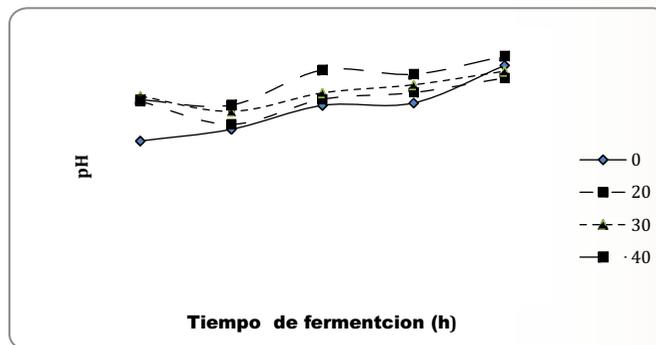


Figura 4. Efecto de los niveles pollinaza y los tiempos de fermentación en la temperatura del alimento a base de caña de azúcar.

La temperatura se incrementó de 28.7 a 42.9 °C a las 24 h de FES, posteriormente disminuyó ($p < 0.05$) con los tiempos de FES hasta 32 °C. Los niveles de pollinaza estudiados, no tuvieron efecto significativo en la temperatura (Figura 4).

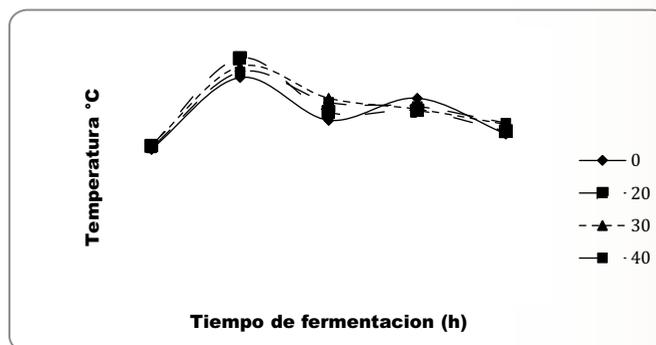


Figura 5. Efecto de los niveles pollinaza y tiempos de fermentación en el pH del alimento a base de caña de azúcar.

A las 0 h de FES, el pH fue mayor en los tratamientos que se les incluyó pollinaza con respecto al tratamiento testigo, sin embargo, al transcurrir los tiempo

de FES, el pH se incrementó en todos los tratamientos. El tratamiento con mayor inclusión de pollinaza tuvo los mayores valores de pH en todos los tiempos de FES ($p < 0.05$) (Figura 5).

Con respecto a la composición química de los alimentos a base de caña de azúcar, la PV y la eficiencia de síntesis de proteína, se incrementó ($p < 0.05$) en los tratamientos que se les adicionó pollinaza, sin diferencias estadística entre ellos. Con respecto a los tiempo de FES, hubo un incremento significativo a las 24 h y posteriormente disminuyó a valores similares al tiempo 0 (Cuadro 1). La FDN disminuyó ($p < 0.05$) en los tratamientos que se les adicionó pollinaza. El valor más bajo de FDN se registró en el tratamiento que se incluyó 40% de pollinaza con respecto al que se le adicionó 20%, sin diferencia con el tratamiento con 30%.

Cuadro 1. Efecto de los niveles de pollinaza y tiempo de fermentación en la composición química de los alimentos a base de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

Efectos principales	Proteína verdadera (%)	Eficiencia de síntesis (%)	Fibra detergente neutra (%)
Nivel de pollinaza			
0	7.1 ^b	48.5	79.0 ^a
20	12.6 ^a	60.7	63.9 ^b
30	12.9 ^a	57.5	60.6 ^{bc}
40	14.2 ^a	60.5	57.9 ^c
EE±	0.24		0.66
Tiempo de fermentación, h			
0	11.5 ^b	59.5	55.8 ^c
24	13.6 ^a	63.0	61.82 ^b
48	11.1 ^b	53.6	67.7 ^a
72	10.8 ^b	55.0	71.3 ^a
96	11.4 ^b	56.3	70.2 ^a
EE±	0.24		0.66

^{abc} Medias con diferentes literal en la misma columna difieren $p \leq 0.05$.

la pollinaza es menor a la caña de azúcar. Por otra parte, el incremento de la FDN en función del tiempo de fermentación fue debido quizás a la rápida utilización de los carbohidratos fácilmente fermentables (sacarosa, glucosa y fructosa), presente en la caña de azúcar y que son utilizados por los microorganismos que se desarrollan en durante el proceso de FES. Rodríguez *et al.* (2006) en mezclas de caña de azúcar y boniato procesado por FES, obtuvo resultados similares.

Con respecto a la DIMS, en el tratamiento testigo (sin pollinaza) la degradación fue mayor en las primeras horas, pero a medida que los azúcares presentes en la caña desaparecen por el efecto de los microorganismos que se desarrollan durante el proceso de la FES. La degradación disminuye porque la FDN se concentra (incrementa) como se mencionó anteriormente. En los tratamientos donde se incluye la pollinaza la DIMS del producto fermentado es mayor y tiende a incrementarse durante el proceso de FES. Los valores de pH encontrados en este trabajo, pudieran deberse a la acumulación de las sales de amonio provenientes de la pollinaza. A las 24 de fermentación, los pH favorecieron la síntesis de proteína microbiana, pero después de las 24 h de FES, el pH alcanzó valores superiores a 7, lo cual pudo afectar la síntesis de proteína microbiana ya que la PV disminuyó. Al respecto, Rodríguez *et al.* (2006) en mezclas de caña de azúcar y boniato fermentado, reportó síntesis de proteína microbiana a pH cercano 7.

El incremento en la temperatura a las 24 h de FES pudiera deberse a la acumulación del calor metabólico derivado de la actividad micro-

Con respecto a los tiempos de FES, la FDN se incrementó, alcanzando el mayor valor a las 48 h (Cuadro 1).

El incremento de la MS en aproximadamente 10% en el producto fermentado, se debió a la adición de pollinaza, ya que ésta contiene mayor valor de MS (90%) respecto a la caña de azúcar (25%). El mayor contenido de MS en los alimentos es deseable ya que los nutrientes se encuentran en la MS. La MS (38%) que se registró en el producto fermentado a las 24 h cuando se le adicionó pollinaza, estuvo dentro de los rangos óptimos para favorecer el proceso de FES con síntesis de proteína microbiana. Según Mitchell *et al.* (2002) las levaduras requieren de 60% a 70% de humedad en el sustrato sólido para favorecer su crecimiento. Después de las 24 h de fermentación en este estudio, la MS se incrementó por arriba de lo recomendado (mayor de 40%) para favorecer el crecimiento microbiano y efectivamente, cuando se midió la PV, los mayores valores se obtuvieron a las 24 h de FES y después de las 24 h ésta disminuyó; al respecto, Pandey *et al.* (2001) indicó que la PV puede ser una vía indirecta de medir el crecimiento microbiano en la FES.

El incremento de PV a las 24 h de FES, puede deberse a que los microorganismos que se desarrollan en este proceso, están utilizando como fuente de energía los azúcares procedentes de la caña de azúcar y como fuente de nitrógeno no proteinico (NNP) el ácido úrico de la pollinaza. Los valores de PV (13.95%) obtenidos a las 24 h de fermentación nos indica que se obtuvo un buen alimento para la ganadería bovina. Rodríguez *et al.* (2006), reportó valores similares de PV en mezclas de caña de azúcar y boniato fermentada durante 96 h, así mismo, Elías *et al.* (2001) al adicionar vitafert en mezclas de caña de azúcar con soya, maíz y soya combinado con maíz también reportó valores similares. La disminución de la FDN en el alimento después del proceso de fermentación al incluir la pollinaza, se debe a un efecto de disgregación de la FDN de la caña de azúcar ya que el contenido de FDN de

biana, posteriormente durante el proceso de FES disminuye hasta estabilizarse la temperatura a un promedio de 35 °C. Si las temperaturas son altas, no favorece el proceso de FES por el riesgo de disminuir la flora microbiana de bacterias y levaduras, aunque podrían persistir los microorganismos termófilos. Elías (1992) citado por Rodríguez *et al.* (2006) indicó que en las fermentaciones con caña de azúcar (Saccharina) la temperatura óptima para los microorganismos que se desarrollan durante el proceso de FES es de 30 °C a 33 °C. Se ha mencionado en algunos trabajos que una de las limitantes del uso de la pollinaza en la alimentación bovina, son la presencia de microorganismos patógenos y olores desagradables para las personas que las manejan. A pesar de que en este trabajo no se midió la presencia o ausencia de los microorganismos patógenos como la *Echerichia coli*, *Salmonella* y *Coccideas*, trabajos realizados por Cifuentes *et al.* (2016) y Ramos *et al.* (2013) demostraron que el proceso de FES los elimina.

CONCLUSIONES

Se puede adicionar de 20% a 30% de pollinaza a la caña de azúcar y fermentarla durante 24 horas para obtener un alimento con buen valor nutritivo para la ganadería bovina.

AGRADECIMIENTOS

A las líneas de investigación del Colegio de Postgraduados. LPI-5 Biotecnología microbiana vegetal animal y LPI-2 Agroecosistemas sustentables Subtema MASCAÑA Y MASGANADO por el apoyo de recursos para la obtención de reactivos y mantenimiento de equipo de laboratorio.

LITERATURA CITADA

AOAC. 2012. Official Methods of Analysis. 19th Ed. Off.Agric.Chem; Washington, D.C., U.S.A.

Bernstein J. 1983. Análisis de alimento. Eds. A.L. Wintra y K.B. Winto. Tomo I. Ed. Pueblo y Educación. 84 pp.

Cifuentes L.H.C., Juárez J.A.R., Hernández R.S., Galindo A.B., Arce M.M.O., Haro J. G.H., Zebadua M.Á.O. 2016. Análisis sensorial de leche de vacas suplementadas con un alimento fermentado

a base de pollinaza. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 3(8), 181-191.

- Elías A., Orquídea L., Herrera F.R. 2001. Algunos indicadores bromatológicos y productos finales de la fermentación para la obtención de cuatro tipos de Saccharina inoculados con Vitafert. Rev. Cubana de Cien. Agríc. Tomo 35, No. 2, 2001. 153-158
- García E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F.
- Mitchell D.A., Berovic M., Krieger N. 2002. Overview of solid state bioprocessing. Biotechnology annual Review. Elsevier Science. Animal Feed Science and technology. 8:183-200.
- Ørskov E.R., Hovell DeB F.D., Mould F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. Trop. Anim. Prod. 5(3):195-213.
- Pandey A., Soccol C.R., Rodríguez-León, J.A., Nigam P. 2001. Solid-state fermentation in biotechnology. Fundamentals and applications. Asiatech Publishers, Inc. New Delhi. 221 p.
- Ramos J.A., Elías A., Herrera F. 2006. Procesos para la producción de un alimento energético – proteico para animales. Efecto de cuatro fuentes energéticas en la fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar. Rev. Cubana Cien. Agríc. 40(1):1-8.
- Ramos J.A., López A.R., Elías A., Bautista C. del C., Aranda E.M., Martínez D.C. 2013. Fermentación en estado sólido de la mezcla de pollinaza, melaza y Vitafert. In: Memorias de la XXIII Reunión de la ALPA y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. Díaz S.M.F., Herrera G.R. y Ruiz V.T. (Eds). Palacio de convenciones de La Habana, Cuba. pp. 1697-1701.
- Rodríguez Z., Boucourt R., Elías A., Herrera F.R., Nuñez O. 2006. Efecto del grosor de la capa en la dinámica de fermentación de mezclas de caña (*Saccharum officinarum*) y boniato (*Ipomea batata* Lam). Rev. Cubana de Cien. Agríc. 40(2), 173-182.
- Rodríguez D., Tuero O., Hernández J.L., Sarduy L. 2014. Sistemas de alimentación con dietas integrales y semiintegrales, elaboradas con forraje de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*): su efecto en la morfometría de vísceras y órganos internos de toros mestizos Holstein. Rev. Cubana de Cien. Agríc. 48(4): 343-346.
- SAS. 2012. Statistical Análisis System. S. A. S. User's Guide: statistics. Versión 9a ed. 9.1 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Steel G.D.R., Torrie H.J. 1980. Principles and Procedures of Statistics. McGraw Hill Book Company, Inc. USA
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. J. Dairy Sci. 74:3583

