

# PATRONES DE FERMENTACIÓN RUMINAL EN RESPUESTA A LA ADICIÓN DE UN PRECURSOR GLUCOGÉNICO A LA DIETA DE BECERROS EN ENGORDA

## PATTERNS OF RUMINAL FERMENTATION IN RESPONSE TO ADDITION OF GLUCOGENIC PRECURSOR TO THE DIET OF FEEDLOT STEERS

Murillo-Ortiz, M.<sup>1</sup>; Carrillo-Herrera, J.D.<sup>1</sup>; Pamanes-Carrasco, G.<sup>2</sup>; Muro-Reyes, A.<sup>3</sup>; Herrera-Torres, E.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carretera al Mezquital km 11.5 Durango, México. <sup>2</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, Consejo nacional de Ciencia y Tecnología. <sup>3</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

\*Autor de correspondencia: hetoes99@yahoo.com.mx

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the addition of a glucogenic precursor on ruminal fermentation patterns. Therefore, four steers with rumen fistulas (700 kg  $\pm$ 100) were fed with four experimental diets; T1: 15% alfalfa hay, 15% oats hay, 20% harinolina, 47% rotated maize, 1% mineral mixture, 2% bicarbonate; for T2, T3 and T4, 20, 40 and 60 g of the glucogenic precursor were added to T1, respectively. Four experimental periods of 11 d were developed. Approximately 100 ml of ruminal liquid was collected in each one of the four experimental periods, when the pH was measured. Aliquots of 10 ml of ruminal liquid were frozen for their later analysis of AGV and N-NH<sub>3</sub>. The concentrations of AGV, ammonia and ruminal pH were analyzed with a Latin square with 4x4 factorial arrangement. The interaction treatment per sampling time was significant for the AGVT and N-NH<sub>3</sub> concentration (P<0.05). The AGVT concentration increased with the addition of the glucogenic substrate at 4 h, while the concentration of N-NH<sub>3</sub> was higher in T2 compared to T1. Therefore, it is concluded that the addition of the glucogenic precursor improves the parameters of ruminal fermentation.

**Keywords:** volatile fatty acids, ammonia, acetate, propionate.

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de un precursor glucogénico en los patrones de fermentación ruminal. Por lo tanto, cuatro novillos fistulados de rumen (700 kg  $\pm$ 100) fueron alimentados con cuatro dietas experimentales; T1: 15% heno de alfalfa, 15% heno de avena, 20% harinolina, 47% maíz rolado, 1% mezcla mineral, 2% bicarbonato; T2, T3 y T4 se le adicionó al T1 20, 40 y 60 g del precursor glucogénico, respectivamente. Cuatro periodos experimentales de 11 d fueron desarrollados. Aproximadamente 100 ml de líquido ruminal fue recolectado en cada uno de los cuatro períodos experimentales, a los cuales se le midió pH. Alícuotas de 10 ml de líquido ruminal se congelaron para su posterior análisis de AGV y N-NH<sub>3</sub>. Las concentraciones de AGV, amoníaco y pH ruminal fueron analizadas con un cuadrado latino con arreglo factorial 4x4. La interacción tratamiento por tiempo de muestreo fue significativa para la concentración de AGVT y N-NH<sub>3</sub> (P<0.05). La concentración de AGVT se incrementó con la adición del sustrato glucogénico a las 4h, mientras que la concentración de N-NH<sub>3</sub> fue superior en T2 comparado con T1. Por lo tanto, se concluye que la adición del precursor glucogénico mejora los parámetros de fermentación ruminal.

**Palabras clave:** ácidos grasos volátiles, amoníaco, acetato, propionato.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 9, septiembre. 2018. pp: 155-159.

**Recibido:** marzo, 2018. **Aceptado:** julio, 2018.



## INTRODUCCIÓN

El empleo de aditivos alimenticios es una estrategia que se utiliza con el objetivo de incrementar la eficiencia en el rendimiento productivo de bovinos en corral de engorda. Tradicionalmente, los principales aditivos alimenticios que utilizan en dietas para ganado bovino en engorda intensiva son los cultivos de levaduras, ionóforos y enzimas fibrolíticas (Muriillo *et al.*, 2001). Recientemente, el uso de precursores glucogénicos en la nutrición animal ha tomado auge. En el caso particular de los rumiantes, los precursores glucogénicos influyen en la dinámica de fermentación, debido a los cambios en los metabolitos intermediarios requeridos en el metabolismo oxidativo, los cuales afectan positivamente el empleo de la energía (Mulliniks *et al.*, 2011). El uso de precursores glucogénicos es una de las alternativas alimenticias para controlar la fermentación ruminal en las dietas de rumiantes que contribuyen a la suplementación de niveles adicionales de energía más cercanos a los requeridos por los animales de alta producción y como consecuencia mejoran la utilización de la energía digestible de la dieta (Hess *et al.*, 2008). De algunos estudios se desprende que la adición de precursores glucogénicos a la dieta de bovinos incrementa el rendimiento productivo, así como las concentraciones ruminales de propionato, pero disminuye las concentraciones de acetato y nitrógeno amoniacal (Sánchez *et al.*, 2014; Madoka *et al.*, 1994). Actualmente, se oferta en el mercado de la nutrición animal un sustrato glucogénico elaborado a base de 1,2 propanodiol y propionato de calcio el cual de acuerdo con las especificaciones técnicas y biológicas del producto podría mejorar el rendimiento productivo y los parámetros de fermentación ruminal de ganado bovino en corral de engorda. Hasta la fecha, la información científica entorno a la influencia del 1,2 propanodiol en combinación con propionato de calcio es incipiente, por lo que su estudio en los diferentes sistemas pecuarios de producción es relevante, vigente y pertinente. El objetivo fue evaluar el efecto de la adición de un precursor glucogénico a la dieta de becerros en corral de engorda en el comportamiento productivo y los patrones de fermentación ruminal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La prueba de fermentación ruminal se realizó en el área metabólica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez de Durango, México. Ambos sitios de trabajo se ubican sobre la carretera

Durango-Mezquitil a una altitud de 1890 m, con temperaturas promedio de 31 °C durante los meses de mayo y junio y de 1.7 °C en el mes de enero. La precipitación media anual es de 450 mm (INEGI, 2004).

### Dietas y tratamientos experimentales

Las dietas experimentales fueron isonitrogenadas e isoenergéticas y se formularon de acuerdo a los requerimientos para bovinos de carne en crecimiento propuestos por la NRC (2000). La composición de las dietas y su perfil nutricional se muestra en el Cuadro 1. Los tratamientos evaluados consistieron en cuatro niveles de un precursor glucogénico comercial (0, 20, 40 y 60 g a/d). La cantidad de precursor glucogénico se mezcló con los ingredientes de las dietas. Las dietas se proporcionaron a los animales en dos horarios 7:00 h y 19:00 h. El consumo de cada dieta se restringió al 2.8 % del peso vivo de los animales.

### Prueba de fermentación ruminal

En esta prueba se utilizaron cuatro novillos fistulados de rumen con un peso promedio de 700 kg  $\pm$ 100, los cuales se alojaron en corraletas individuales de 6x16 m provistas de bebederos y comederos individuales. Antes de iniciar la prueba, los novillos fueron vacunados, desparasitados y vitaminados. En esta prueba, se evaluaron las mismas dietas que se utilizaron en la prueba de comportamiento productivo y fueron proporcionadas dos veces al día (8:00 y 15:00 h).

### Periodos experimentales y obtención de muestras

Se utilizaron periodos experimentales de 11 días de los cuales, 10 días fueron para la adaptación a las dietas experimentales y un solo día para la obtención de muestras de líquido ruminal. Durante la toma de muestras y antes de proporcionar la dieta de la mañana, se extrajeron muestras de líquido ruminal a las cuales de inmediato se les midió el pH. Enseguida, después de proporcionar la porción de la dieta de la mañana se tomaron muestras de líquido ruminal a las 4, 8 y 12. El líquido ruminal obtenido, se filtró y luego se dividió en dos sub muestras de 10 mL. La primera de ellas fue acidificada con 0.3 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 50% y la segunda con 2.5 mL de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> para determinar nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) y ácidos grasos volátiles (AGV), respectivamente (Galyean, 1997). El amoniacal se midió en un espectrofotómetro de UV-VIS a 390 nm, mientras que los AGV se obtuvieron mediante cromatografía de gases en un equipo Agilent Technologies 6890 N.

**Cuadro 1.** Composición de las dietas y tratamientos experimentales.

	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Heno de alfalfa (%)	15.0	15.0	15.0	15.0
Heno de avena (%)	15.0	15.0	15.0	15.0
Harinolina (%)	20.0	20.0	20.0	20.0
Maíz rolado (%)	47.0	47.0	47.0	47.0
Mezcla mineral (%)	1.0	1.0	1.0	1.0
Carbonato de calcio (%)	2.0	2.0	2.0	2.0
Rumensin (g) <sup>a</sup>	2	2	2	2
Precursor glucogénico (g/a/d) <sup>b</sup>	0	20	40	60
<b>Composición Nutricional (BS)<sup>c</sup></b>				
ENm (Mcal kg <sup>-1</sup> )	1.79	1.79	1.79	1.79
ENg (Mcal kg <sup>-1</sup> )	1.12	1.12	1.12	1.12
TND (%)	80.0	80.0	80.0	80.0
PC (%)	17.2	17.2	17.2	17.2
EE (%)	3.0	3.0	3.0	3.0
FDN (%)	25.5	25.5	25.5	25.5
Ca (%)	1.18	1.18	1.18	1.18
P (%)	0.45	0.45	0.45	0.45

<sup>a</sup> Monensina adicionada en 2 g a/d/d.

<sup>b</sup> Precursor glucogénico.

<sup>c</sup> Valores tabulares generados con el programa NRC (2000).

### Análisis estadístico

Las variables de fermentación ruminal fueron analizadas con un diseño de cuadrado latino con un arreglo factorial 4×4. Los factores evaluados fueron los niveles de precursor glucogénico (tratamientos) y los tiempos de muestreo de líquido ruminal. El modelo incluyó los efectos de tratamiento, tiempos de muestreo y la interacción entre ambos. Como efecto aleatorio se consideró el animal anidado dentro del tratamiento. En ambos diseños se utilizó el procedimiento MIXED de SAS (2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Prueba de fermentación ruminal

El Cuadro 2 muestra las concentraciones ruminales de

nitrógeno amoniacal obtenidas con los niveles de precursor glucogénico. La interacción tratamiento por tiempo de muestreo fue significativa para la concentración de N-NH<sub>3</sub> en el rumen (P<0.05). En el T1 y T3 se presentaron las mayores concentraciones de N-NH<sub>3</sub> a las 0 y 12 h de muestreo, con un aumento de 26.11% y 84.33% con respecto a T1, respectivamente. Este efecto podría atribuirse a la adición de precursor glucogénico a la dieta al propiciar un mayor reciclaje de urea proveniente de la desaminación de los aminoácidos absorbidos (Sutan et al. 1992). De hecho, la revisión de Kennedy et al. (1980) correlaciona las concentraciones de aminoácidos con la concentración de urea en el plasma y esta a su vez, con un mayor intercambio de N-NH<sub>3</sub> hacia el rumen. También se menciona que el aumento en las concentraciones de N-NH<sub>3</sub>, se relacionan con la actividad proteolítica de las bacterias ruminales tales como *Prevotella ruminicola* (Schelling, 1984). De tal manera que, en este estudio

las concentraciones de N-NH<sub>3</sub> registradas a las 0 y 12 h presentaron niveles adecuados mayores a 5 mg/dl lo que permite garantizar la síntesis de proteína microbiana. Además, se observó una disminución en las concentraciones de N-NH<sub>3</sub> a las 4 y 8 h de muestreo. Este comportamiento es igual al que registraron Ghorbani et al. (2002) quienes suplementaron con un precursor glucogénico. Por el contrario, Lehloenny et al. (2008) reportaron 4.8 mg dl<sup>-1</sup> de N-NH<sub>3</sub> a las 8 h de muestreo en novillos suplementados con la propionibacteria P169. A su vez, Khorrami et al. (2015) registraron una disminución en la concentración de de N-NH<sub>3</sub> (16.4 mg dl<sup>-1</sup>) con respecto a la dieta control al incluir monensina en la dieta de becerros.

**Cuadro 2.** Medias mínimas cuadráticas de las concentraciones de nitrógeno amoniacal en novillos suplementados con un precursor glucogénico.

Tiempo; h	T1	T2	T3	T4	Media	EE	P<
N-NH <sub>3</sub> ; mg/dl							
0	10.76 <sup>b</sup>	13.57 <sup>a</sup>	7.42 <sup>b</sup>	11.51 <sup>b</sup>	5.55	21.5	<0.05
4	2.19 <sup>a</sup>	2.04 <sup>a</sup>	3.14 <sup>a</sup>	2.42 <sup>a</sup>	6.43	21.5	>0.05
8	3.74 <sup>a</sup>	2.59 <sup>a</sup>	2.75 <sup>a</sup>	4.95 <sup>a</sup>	5.86	21.5	>0.05
12	5.49 <sup>b</sup>	7.52 <sup>b</sup>	10.12 <sup>a</sup>	9.56 <sup>b</sup>	7.11	21.5	<0.05

<sup>ab</sup>Medias dentro de las hileras con distinta literal son diferentes (P<0.05).

En el Cuadro 3 se indican las concentraciones ruminales de ácidos grasos volátiles totales obtenidas con los niveles de precursor glucogénico. La interacción tratamiento por tiempo de muestreo fue significativa para la concentración ruminal de AGVT ( $P < 0.05$ ). La concentración de AGVT disminuyó 50.19% a las 4 h de muestreo en T1 con respecto a T2. Así mismo, con 40 g del precursor glucogénico disminuyó 49.68%. En todos los tratamientos, la mayor concentración de AGVT se registró a las 4 h post alimentación, lo cual coincide con Bonner (1974) quien encontró la mayor concentración de AGV en

el rumen después de que transcurrieron de 3 a 6 horas después de la primera alimentación de la mañana.

Cuando la concentración total de ácidos grasos volátiles en el líquido ruminal es reducida, significa que el animal realizó bajos consumos de energía digestible. Si el nivel de amoníaco es también bajo, el consumo de proteínas o el aporte de proteínas degradables de la ración fueron inadecuados. Pedroso (2008) reporta un índice de AGVT de  $107 \pm 32.6$  mM para que se desarrolle una actividad ruminal normal en bovinos cuando la dieta es base de ensilados. En este

estudio, los valores de AGVT a las 4 h post alimentación fueron mayores a la cantidad antes mencionada. En el Cuadro 4 se muestran las concentraciones individuales de ácidos grasos volátiles en novillos suplementados con un precursor glucogénico. La interacción tratamiento por tiempo de muestreo fue significativa para las concentraciones ruminales de acetato, propionato y butirato ( $P < 0.05$ ). Con la adición de 20 g (T2) a la dieta, se obtuvieron las mayores concentraciones ruminales de acetato en todos los tiempos de muestreo (excepto a las 12 h); en tanto las mayores concentraciones ruminales de acetato se registraron

**Cuadro 3.** Medias mínimas cuadráticas de la concentración ruminal de ácidos grasos volátiles en novillos suplementados con un precursor glucogénico.

Tiempo (h)	T1	T2	T3	T4	Media	EE	P<
<b>AGVT (mM)</b>							
0	76.95 <sup>a</sup>	103.84 <sup>a</sup>	89.43 <sup>a</sup>	94.64 <sup>a</sup>	87.73	10.50	<.0001
4	105.72 <sup>b</sup>	158.79 <sup>a</sup>	123.18 <sup>a</sup>	136.18 <sup>a</sup>	113.99	10.50	<.0001
8	77.66 <sup>a</sup>	96.20 <sup>a</sup>	106.78 <sup>a</sup>	92.93 <sup>a</sup>	113.75	10.50	<.0001
12	90.59 <sup>b</sup>	97.10 <sup>b</sup>	135.60 <sup>a</sup>	101.88 <sup>b</sup>	106.41	10.50	<.0001

<sup>ab</sup> Medias dentro de las hileras con distinta literal son diferentes ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 4.** Medias mínimas cuadráticas de las concentraciones individuales de ácidos grasos volátiles en novillos suplementados con un precursor glucogénico.

Tiempo (h)	T1	T2	T3	T4	Media	EE	P<
<b>Acetato (mol 100<sup>-1</sup> moles)</b>							
0	44.13 <sup>b</sup>	65.66 <sup>a</sup>	51.76 <sup>b</sup>	58.30 <sup>b</sup>	54.24	5.6	<0.0025
4	67.34 <sup>b</sup>	86.02 <sup>a</sup>	74.34 <sup>b</sup>	82.63 <sup>b</sup>	77.58	5.6	<0.0025
8	48.76 <sup>a</sup>	61.32 <sup>a</sup>	61.45 <sup>a</sup>	56.60 <sup>a</sup>	65.49	5.6	<0.0025
12	56.74 <sup>b</sup>	60.73 <sup>b</sup>	74.42 <sup>a</sup>	66.69 <sup>b</sup>	66.06	5.6	<0.0025
<b>Propionato (mol 100<sup>-1</sup> moles)</b>							
0	27.42 <sup>a</sup>	32.02 <sup>a</sup>	35.16 <sup>a</sup>	30.65 <sup>a</sup>	28.64	5.85	<.0001
4	33.03 <sup>b</sup>	55.12 <sup>a</sup>	43.18 <sup>b</sup>	47.66 <sup>b</sup>	36.76	5.85	<.0001
8	24.45 <sup>b</sup>	28.94 <sup>b</sup>	41.62 <sup>a</sup>	31.22 <sup>b</sup>	43.50	5.85	<.0001
12	29.67 <sup>b</sup>	30.97 <sup>b</sup>	54.04 <sup>a</sup>	32.18 <sup>b</sup>	35.43	5.85	<.0001
<b>Butirato (mol 100<sup>-1</sup> moles)</b>							
0	5.39 <sup>a</sup>	6.15 <sup>a</sup>	2.51 <sup>b</sup>	5.68 <sup>a</sup>	4.83	0.87	<.0001
4	5.33 <sup>b</sup>	10.39 <sup>a</sup>	5.64 <sup>b</sup>	5.87 <sup>b</sup>	6.96	0.87	<.0001
8	4.44 <sup>a</sup>	5.93 <sup>a</sup>	3.70 <sup>a</sup>	5.10 <sup>a</sup>	4.74	0.87	<.0001
12	4.17 <sup>b</sup>	5.39 <sup>b</sup>	7.13 <sup>a</sup>	2.99 <sup>b</sup>	4.91	0.87	<.0001

<sup>ab</sup> Medias dentro de las hileras con distinta literal son diferentes ( $P < 0.05$ ).

a las 4 h de tiempo de muestreo en todos los tratamientos ( $P < 0.05$ ).

Las concentraciones ruminales de propionato se incrementaron 66.87% a las 4 h de tiempo de muestreo con la adición de 20 g del precursor glucogénico (T2) a la dieta y 70.2 y 82.1% a las 8 y 12 h de tiempo de muestreo en T3, respectivamente ( $P < 0.05$ ). Las concentraciones ruminales de butirato disminuyeron en 114.7% a las 0 h de tiempo de muestreo en T3 con respecto a T1. Contrariamente, con la adición a la dieta de 20 y 40 g de precursor glucogénico, las concentraciones ruminales de butirato aumentaron 94.9% y 70.9% a las 4 y 12 h, respectivamente. Resultados similares a los de este estudio fueron reportados por Ghorbani *et al.* (2002), quienes registraron una disminución en la concentración de acetato en ganado de carne suplementado con propinobacterium (55.9mMol/100 moles). De la misma manera, Sánchez *et al.* (2014) detectaron una disminución en la concentración de acetato y un incremento en el propionato en ganado alimentado a base de forraje de baja calidad y suplementado con propinobacterium ácido propionico. Esta disminución se observa cuando se adicionan concentrados a las raciones a base de forraje, la cual es compensada con un aumento en las concentraciones ruminales de propionato o de butirato. Regularmente, la tasa de producción de propionato y otros AGV está directamente relacionada con el consumo de sustratos fermentables de la dieta lo que favorece la síntesis de propionato a partir de la fermentación microbiana por las bacterias amilolíticas (Van Soest, 1994).

## CONCLUSIONES

La suplementación con el precursor glucogénico incrementó la concentración de propionato y de N-NH<sub>3</sub> ruminal, mejorando el desempeño animal y las características de fermentación ruminal.

## LITERATURA CITADA

- Bonner F.T., Rudolf P.O. 1974. Ziziphus Mill. Jujube. In Seeds of woody plants in the United States. Agriculture Handbook N° 450. Schopmeyer C.S Technical Coordinator. Forest Service, United States Department of Agriculture, Washington, D.C.: 862-863.
- Corona L.S., Rodríguez R., Ware A., Zinn R.A. 2005. Comparative effects of whole, ground, dry-rolled, and steam flaked corn on digestion and growth performance in feed lot cattle. *Prof Anim Sci.* 21:200-206.
- Galyean M. 1997. Techniques and Procedures in Animal Nutrition Research. Texas Tech University.
- Ghorbani G.R., Morgavi D.P., Beauchemin K.A., Leedle J.A.Z. 2002. Effects of bacterial direct-fed microbials on ruminal fermentation, blood variables, and the microbial populations of feedlot cattle. *J. anim. Sci.* 80:1977-1986.
- Hess B.W., Moss G.E., Hule D.C. 2008. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 86:188-204.
- INEGI. 2004. Cuaderno Estadístico Municipal, Durango. Estado de Durango. México.
- Kennedy P.M., Milligan L.P. 1980. The degradation and utilization of endogenous urea in the gastrointestinal tract of ruminants. *Canadian J. Anim. Sci.*, 60:205-114.
- Khorrami B., Vakili A.R., Danesh M., Klevenhusen F. 2015. Thyme and cinnamon essential oils: Potential alternatives for monensin as a rumen modifier in beef production systems. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 200:8-16.
- Madoka S., Yoshiaki O.B., Susumu M. 1994. Effects on Nitrogen Kinetics in Sheep of the Supplementation of Sodium Propionate and Sodium Acetate to the Diet. *Anim. Sci. Technol.* 65:7:593-601.
- Mulliniks J.T., Kemp M.E., Cox S.H., Hawkins D.E., Cibilis A.T. 2011. The effect of increasing amount of glucogenic precursors on reproductive performance in young post partum range cows. *J. Anim. Sci.* 89:9:2932-2943.
- Murillo O.M., Cervantes J., Castro H.L., Sánchez F., Vázquez M.S., Zinn R. 2001. Efecto de Fibrozyme sobre la digestión ruminal y flujo post ruminal de la fracción fibra en dietas de bovinos de carne. En: *Biotecnología en la Industria de la Alimentación Animal*. Alltech (ed) V VIII. p 49.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition, 1996. National Academy Press. Washington, D.C.
- Pedroso A., Nussio D.L.G., Santana D.R., Paziani L.S.F., Ribeiro J.L., Mari L.J., Zopollatto M., Schmidt P., Soares W.R., Horii, J. 2008. Fermentation, losses, and aerobic stability of sugarcane silages treated with chemical or bacterial additives. *Sci. Agric.* 65(6):589-594.
- Sanchez P.H., Tracey L.N., Browne-Silva J., Lodge-Ivey S.L. 2014. Propionibacterium acidipropionici P169 and glucogenic precursors improve rumen fermentation of low-quality forage in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 92:1738-1746.
- SAS. 2003. SAS User's Guide (Release 9.1): SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Schelling G.T. 1984. Monensin mode of action in the rumen. *J. Anim. Sci.* 58: 1518-1527. 1984.
- Scott T.L., Milton C.T., Erickson G.E., Klopfenstein T.J., Stock R.A. 2003. Corn processing method in finishing diets containing wet corn gluten feed. *J. Anim. Sci.* 81:12:3182-3190.
- Sultan J. I., Loerch S.C. 1992. Effects of protein and energy supplementation of wheat straw-based diet on site of nutrient digestion and nitrogen metabolism of lambs. *J. Anim. Sci.*, 70:2228-2234.
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. 1994. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J.Dairy.Sci.*74:3583-3597.