

Adición de grasa suplementaria en sustitución de forraje en dietas para vacas en lactancia: Digestión de nutrientes y función ruminal *

Alejandro Plascencia Jorquera**
Alberto Barreras Serrano**
Richard Avery Zinn***

Abstract

Four lactating primiparous Holstein cows (529 kg) with "T" cannulas in the rumen and proximal duodenum were used to evaluate the treatment effects on characteristics of ruminal and total tract digestion. Cows were fed total mixed diets containing an average of 42.5% alfalfa and 57.5% concentrate at an equal interval and twice daily. Treatments were: 1) no supplemental fat; 2) 4% yellow grease (YG) substituted for steam-flaked corn, and 3) 4% yellow grease substituted for alfalfa hay (DM basis). There were no treatment effects ($P>0.10$) on ruminal pH, or ruminal and postruminal digestion of N, organic matter (OM), and starch. Treatment 3 tended (18%; $P>0.20$) to decrease ruminal acid detergent fiber (ADF) digestion. Supplemental fat increased ($P<0.10$) dietary digestible energy (DE) and ruminal escape of feed N, ($P<0.05$) total tract OM digestion and molar proportion of propionate were decreased. DE (Mcal/kg) value for YG averaged 7.54 Mcal/kg when YG was substituted by corn and 6.62 Mcal/kg when YG was substituted by forage. It is concluded that supplemental fat may substitute for either forage or concentrate without negative effects on ruminal VFA molar proportions, or site and extent of OM, ADF, starch, N and lipid digestion. However, adding 4% of fat substituting forage tended to decrease 12% DE value of supplemental fat.

KEY WORDS: Dietary fat, digestion, metabolism, lactating cow.

Resumen

Cuatro vacas Holstein primíparas (529 kg), habilitadas con cánulas en rumen y duodeno proximal fueron utilizadas para evaluar el efecto de los tratamientos sobre utilización de nutrientes y función ruminal. Los períodos experimentales constaron de 21 días, 17 para adaptación a la dieta y 4 para toma de muestras. Las vacas consumieron dietas tipo integral en intervalos iguales dos veces por día. Los tratamientos fueron: 1) sin grasa suplementaria; 2) 4% de grasa amarilla, sustituyendo a 4% de maíz hojuleado; y 3) 4% sustituyendo a 4% de heno de alfalfa (BMS). No hubo efecto ($P>0.10$) de los tratamientos sobre pH ruminal, digestión ruminal y posruminal de N, MO y almidón. El tratamiento 3 tendió a disminuir (18%, $P>0.20$) la digestión de FAD a nivel ruminal. La adición de grasa a la dieta aumentó ($P<0.10$) la ED de la dieta, así como el flujo a duodeno del N consumido, y disminuyó ($P<0.10$) la digestión de MO a nivel de tracto total y la proporción molar de propionato. El valor de la ED (Mcal/kg) para la grasa amarilla promedió 7.54 Mcal/kg cuando fue sustituida por maíz, y 6.62 cuando se sustituyó por forraje. Se concluye que la suplementación de grasa puede ser mediante la sustitución del concentrado o el forraje, sin efectos negativos sobre la proporción de AGV ruminiales, o sitio y tasa de digestión de MO, FAD, N, almidón y lípidos. Sin embargo, el adicionar a la dieta 4% de grasa en sustitución por forraje, tendió a disminuir el valor nutrimental de la grasa suplementaria en 12%.

PALABRAS CLAVE: Grasa, digestión, metabolismo ganado lechero.

Recibido el 17 de abril de 1998 y aceptado el 13 de octubre de 1998.

*Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) de México, referencia número 031-N9107

**Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California, Av. Alvaro Obregón y Julián Carrillo s/n, 21100, Mexicali, Baja California, México.

***Department of Animal Science, Imperial Valley Agriculture Center, University of California, Davis, el Centro, 92243, CA, USA.

Introducción

La adición de grasas a las dietas para vacas altas productoras o durante el inicio de lactancia es una práctica cada vez más común para compensar el déficit energético durante esas etapas. Sin embargo, su inclusión puede afectar negativamente el consumo de MS, así como la utilización de otros componentes de la dieta¹. Los efectos de mayor impacto son la disminución de la digestión de la fibra, así como cambios en los patrones de fermentación ruminal^{2,3}. Aun así los resultados al respecto no son consistentes, puesto que existen algunos estudios donde no se observan cambios⁴ mientras que en otros indican aumento en la utilización de la fibra^{5,6}. La inconsistencia de los resultados al respecto puede atribuirse, entre otras cosas, al método de suplementación de la grasa, puesto que es práctica generalizada el suplementar grasa en sustitución del grano, eliminando cantidad importante de carbohidratos altamente fermentables en la dieta, esto último puede ser un factor importante en la disminución de la capacidad de digestión de la fracción fibrosa de la dieta, así como de la síntesis microbial de N, parámetros importantes en la producción y composición de la leche⁷. Por lo tanto, teóricamente lo anterior pudiera modificarse si al adicionar la grasa suplementaria, se hiciera en sustitución de forraje, y de esta forma no se removieran carbohidratos solubles de la dieta.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de suplementar grasa en dietas tipo integral en sustitución de forraje sobre la digestión de nutrientes y función ruminal en vacas en lactancia.

Material y métodos

Cuatro vacas Holstein en lactancia (25 semanas posparto y 529 kg de peso), habilitadas con cánulas en rumen y en duodeno (15 cm del esfínter pilórico) de acuerdo al procedimiento descrito por Zinn y Plascencia³, fueron utilizadas con el fin de evaluar el efecto de los tratamientos sobre las características de digestión y función ruminal. Los tratamientos consistieron en: Dieta basal sin grasa suplementaria (SG); dieta basal suplementada con 4% de grasa amarilla, sustituyendo a 4% del maíz hojuelado (G x M); y dieta basal suplementada con 4% de grasa amarilla, sustituyendo a 4% del heno de alfalfa (G x A).

La composición de las dietas experimentales se muestra en el Cuadro 1, y fueron formuladas para alcanzar o exceder todos los requerimientos nutricionales para vacas de 529 kg con una producción de 22 kg

Se adicionó a la dieta 0.40% de óxido crómico como marcador inerte para cálculo del flujo a duodeno y de excreción fecal de materia seca (MS). Para efecto de adaptación las vacas fueron asignadas 21 días previos al inicio de la prueba a corraletas individuales de 12.6 m² con piso de neopreno, comedero individual y bebederos automáticos compartidos. Todas las vacas recibieron el tratamiento 1 (Cuadro 1) 7 días antes de la iniciación de la

prueba, el suministro de las dietas fue *ad libitum*, ofreciéndose durante la prueba alimento fresco en forma diaria en dos porciones iguales a las 0700 y 1900. Los rechazos fueron recogidos y pesados en forma diaria.

El experimento consistió en cuatro periodos experimentales de 21 días (17 para adaptación de dieta y 4 para colección de muestras). Durante el periodo de colección de muestras, las muestras duodenales y fecales fueron tomadas a cada vaca dos veces diarias durante los últimos 4 días de cada periodo en los siguientes horarios: día 1, 0650 y 1250; día 2, 0800 y 1400; día 3, 0950 y 1550; y día 4, 1100 y 1700. Las muestras individuales consistieron en aproximadamente 500 mL de quimo duodenal y 400 g de heces(base fresca).

Las muestras de cada vaca en cada periodo de colección fueron mezcladas con el propósito de formar una muestra compuesta para análisis posteriores. En el último día de cada periodo fueron obtenidas muestras ruminales de cada vaca a las 4 h posconsumo (1100), se determinó inmediatamente pH ruminal , y en seguida se añadieron 2 mL de ácido metafosfórico al 25% (p/v) por cada 8 mL de líquido ruminal previamente filtrado a través de gasas, posteriormente se centrifugaron (17000 g durante 10 minutos), el sobrenadante fue congelado a -20°C

Cuadro 1
COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS
EXPERIMENTALES
CONSUMIDAS POR LAS VACAS^a
Tratamientos^{bc}

Ingredientes	SG	G X M	G X A
Alfalfa, heno ^d	45.00	45.00	40.40
Maíz hojuelado (.32 kg/L)	44.60	40.00	44.60
Melaza	5.75	5.75	5.75
Grasa Amarilla	---	4.00	4.00
Sal mineralizada ^e	.50	.50	.50
Urea	.43	.043	.43
Harina de sangre	1.00	1.20	1.20
Harina de carne	1.00	1.20	1.20
Harina de plumas	1.00	1.20	1.20
Fosfato dicálcico	.32	.32	.32
Oxido crómico	.40	.40	.40

^a Dieta tipo integral.

^b SG = sin grasa suplementaria; G X M = 4% de grasa suplementada en sustitución de 4% de heno de alfalfa.

^c En virtud de que tanto las proporciones de maíz como de alfalfa no fueron las mismas entre las raciones suplementadas con grasa se sustituyó la diferencia (0.60%) con harinas de carne de sangre y de pluma en proporciones iguales (0.20% para cada una) tanto del grano como del forraje para mantener una proporción similar de proteína: caloría entre ambas dietas.

^d Alfalfa molido a tamaño de partícula para paso a través de malla de 7.6 cm.

^e Sal mineralizada, contenido: CoSO₄ 0.068%; FeSO₄ 3.57%; ZnO 0.75%; MnSO₄ 1.07%; KI 0.052% y NaCl 93.4%.

para análisis de AGV. Las vacas se ordeñaron dos veces diarias a las 0630 y 1830.

El último día del último periodo experimental, muestras de fluido ruminal se obtuvo de todas las vacas, este último se mezcló para aislamiento de bacteria ruminal por centrifugación diferencial⁸. Las muestras generadas fueron sujetas a todos o parte de los siguientes análisis: MS (estufa desecando a 105°C, hasta que la muestra ya no pierda peso), cenizas, N kjeldhal y nitrógeno amoniacal de acuerdo con lo estipulado por la AOAC,⁹ energía bruta (EB) (utilizando una bomba calorimétrica adiabática 1271*), purinas¹⁰, óxido crómico¹¹, almidón¹², lípidos (extracción por ácido cloroformo metanol; AOAC⁹) y fibra ácida detergente (FAD)¹³.

La cantidad de materia orgánica microbial (MOM), así como el nitrógeno microbial (NM) que fluyó a duodeno fue calculado en base a los análisis de la bacteria aislada en el fluido ruminal, así como de las muestras de duodeno obtenidas, usando purinas como marcadores microbianos¹⁰. La materia orgánica fermentada (MOF) en rumen fue calculada como el resultado obtenido de restar a la MO consumida la diferencia cuantitativa observada a nivel duodenal de la cantidad total de MO menos la MOM que ingresó a duodeno [(MOF = MOC-(MO-MOM)].

El N consumido que escapó a la digestión ruminal fue considerado al equivalente del total de N que ingresa a duodeno menos la suma de las cantidades de N amoniacal y N microbial que fluyó a duodeno. La producción de metano en rumen se calculó a partir del balance teórico de fermentación en base a la distribución molar de AGV observada en el fluido ruminal¹⁴ y de la desaparición de MO en rumen.

La pérdida de energía urinaria fue estimada como $0.10W_{kg}^{0.50}$ (derivado de Brouwer¹⁵ y el NRC¹⁶).

Los datos fueron analizados de acuerdo a Cochran y Cox¹⁷ empleando un modelo lineal con dos criterios de clasificación (animales y períodos), más el efecto de los tratamientos y el error experimental. Los efectos de los tratamientos fueron contrastados de la siguiente manera: 1) efecto de grasa (sin grasa vs grasa suplementaria), y 2) efecto de método de suplementación (*G x M versus G x A*). Las medias de los tratamientos se compararon utilizando la prueba de diferencia mínima significativa (DMS).

Resultados

La característica de la grasa suplementada a las dietas experimentales se muestra en el Cuadro 2. Los valores de ácidos grasos libres (AGL), ácidos grasos totales (AGT), así como su perfil de ácidos grasos (AG) están dentro de los rangos especificados para este tipo de grasa de acuerdo con las reglas y normas establecidas por la AFOA¹⁸. El efecto de los tratamientos sobre consumo de MS y características de digestión se muestra en el Cuadro 3. No hubo diferencia ($P>0.20$) en el consumo de MS dada por los tratamientos y debido a que no existió la misma proporción de forraje y maíz hojuleado entre los tratamientos 2 y 3 sucedió una diferencia en el consumo

de almidón en 16.7% ($P<0.01$) y de 8.8% ($P>0.15$) de FAD, aunque este último no fue significativo estadísticamente.

En este sentido, la suplementación con grasa a los tratamientos *G x M* y *G x A* reflejó una diferencia en el consumo de lípidos (1102 vs 576 g/día) de estas dietas en relación con el tratamiento SG, lo anterior representó un consumo 11.9% mayor ($P<0.01$) de EB (Mcal/d) para este tipo de dietas. No hubo efecto ($P>0.10$) por la adición de grasa suplementaria o por el método de suplementación, sobre digestión ruminal y posruminal de MO, N y almidón, aunque el método de suplementar grasa en sustitución de forraje tendió a disminuir en 18% ($P>0.20$) la digestibilidad ruminal de FAD.

La suplementación con grasa favoreció ($P<0.10$) un mayor flujo a duodeno de N consumido en 13%, sin cambios en el flujo de nitrógeno no amoniacal (NNA) y NM. La eficiencia microbial (N microbial g/kg de MO fermentada), y eficiencia de N (NNA en duodeno/ N consumido) no fueron afectadas ($P>0.20$) por la adición de grasa a la dieta, o por el método de suplementación de la misma. El adicionar grasa a las dietas disminuyó ($P<0.05$) la digestibilidad de MO en tracto total en 3.0%, e incrementó ($P<0.05$) en 4.5% la energía digestible (ED, Mcal/kg) de la dieta.

El valor de la ED (Mcal/kg) para la grasa suplementada promedió 7.08, y resultó en 7.54 Mcal/kg cuando fue sustituida por maíz, y 6.62 Mcal/kg cuando se sustituyó por forraje, de acuerdo con el valor de la ED observado

**Cuadro 2
COMPOSICON QUIMICA DELA GRASA
AMARILLA SUPLEMENTADA A LAS
DIETAS EXPERIMENTALES**

Concepto	Composición
Humedad (%)	0.12
Impurezas (%)	0.10
Insaponificables (%)	0.52
Valor de iodo	71.09
Acidos grasos libres (AGL) (%)	9.70
Acidos grasos totales (AGT) (%)	90.70
Proporción de AG (% del total)	
C12:0	0.70
C14:0	1.40
C16:0	20.00
C16:1	2.20
C18:0	112.10
C18: 1	46.80
C18:2	16.30
C18: 3	0.40

Cuadro 3

INFLUENCIA DEL METODO DE SUSTITUCION DE GRASA SUPLEMENTARIA SOBRE CARACTERISTICAS DE DIGESTION RUMINAL Y DE TRACTO TOTAL EN VACAS EN LACTANCIA CANULADAS

Concepto	SG	G x M	G x A	Tratamiento ^a EEM ^b
Réplicas	3	3	3	-----
Consumo, g/d				
MS	14028	14584	14459	1116
MO	12877	13279	13293	1072
Almidón ^c	3873	3236	3904	231
FAD	2726	3060	2791	310
N	347	376	380	30
Lípidos ^d	576	1169	1034	77
EB Mcal/kg ^d	60.6	68.9	66.8	2.1
Flujo a duodeno, g/d				
MO ^d	7406	8482	8106	321
Almidón	738	659	794	359
FAD ^e	1924	2185	2113	148
Nitrógeno no amoniacial	374	408	404	97.8
Nitrógeno microbial	190	195	200	33
N consumido ^f	185	213	205	15.4
Digestión ruminal (%)				
MO	56.9	50.9	53.6	5.7
Almidón	81.6	80.5	81.8	8.3
FAD	28.5	28.3	93.9	9.0
N consumido	46.5	43.2	45.7	6.9
Eficiencia microbial ^g	26.5	28.0	98.0	2.7
Eficiencia de nitrógeno ^h	1.08	1.07	1.06	.04
Digestión posruminal (%)				
MO	52.1	52.0	52.4	5.3
Almidón	91.8	93.0	95.0	3.7
FAD	7.1	10.8	15.5	8.9
N	73.5	74.5	76.9	3.6
Excreción fecal, g/d				
MO	3536	4064	3839	499
Almidón	57	36	36	18
FAD	1719	1965	1788	234
N	106	111	101	7.9
EB Mcal/d ^f	19.6	24.5	22.5	1.8
Digestión en tracto total (%)				
MO ^e	72.5	69.5	71.1	1.4
Almidón	98.5	98.8	99.0	0.4
FAD	36.9	36.3	35.5	3.4
N	69.5	70.6	73.1	3.3
ED Mcal/kg ^f	3.18	3.32	3.34	.07

^aSG= Sin grasa suplementaria; G x M= 4% de grasa adicionada sustituyendo a 4% de maíz en la dieta; G x A = 4% de grasa adicionada sustituyendo a 4% de heno de alfalfa en la dieta.

^b Error estándar de la media.

^c Efecto de método de suplementación P<0.05.

^d Efecto de grasa suplementaria P<0.01.

^e Efecto de grasa suplementaria P <0.05.

^f Efecto de grasa suplementaria P<0.10.

^g Nitrógeno microbial g/kg de MO fermentada en rumen.

^h Nitrógeno no amoniacial en duodeno/N consumido.

para la grasa en este experimento, la digestibilidad de la misma promedió 68%.

Los efectos de los tratamientos sobre pH ruminal, proporción molar de AGV y producción de metano en rumen se muestran en el Cuadro 4. El pH ruminal promedió 6.08 y no fue afectado (P>0.20) por los tratamientos. La adición de grasa a las dietas contribuyó a la disminución (P<0.10) en 13% a la proporción de propionato a nivel ruminal, sin afectar los otros parámetros evaluados a este nivel.

Discusión

El consumo en base MS (kg/día) no fue afectado por la suplementación de grasa o método de suplementación. Otras investigaciones indican que vacas que consumen dietas suplementadas con grasa en niveles de 2.5%¹⁹ hasta niveles igual o mayor al 5%^{4,20,21,22,23} no tuvieron cambios en su consumo con respecto del testigo. En contraste, suplementaciones con 5% de grasa amarilla han denotado tanto disminución²⁴ como incremento en el consumo de MS²⁵. Muchos factores deben de considerarse para las inconsistencias mostradas en el consumo de MS cuando las dietas son suplementadas con grasas, esos factores han sido previamente discutidos por Coppock y Wilks²⁶, así como por Plascencia y Zinn²⁷.

Contrario a nuestra suposición, el sustituir grasa por forraje en la dieta no se tradujo en efectos significativos sobre los parámetros aquí evaluados, aun cuando el consumo diario de almidón para G x M fue en promedio 652 g menor con respecto a las dietas testigo y G x A. Lo anterior indica que la cantidad de almidón removido en las dietas cuando se suplementa grasa en sustitución del concentrado dentro de los niveles recomendados (<5% de la ración) no es un factor determinante en la disminución de la capacidad de digestión de la fracción fibrosa de las dietas o de la síntesis microbial de N, situación

Cuadro 4
INFLUENCIA DEL METODO DE SUSTITUCION DE GRASA SUPLEMENTARIA SOBRE PH RUMINAL PROPORCIONES MOLARES DE AGV Y PRODUCCIOESTIMADA DE METANO

Concepto	SG	G X M	G X A	Tratamiento ^a EEM ^b
PH	5.97	5.98	6.30	.36
AGV ruminales mol/100 mol				
Acetato	58.5	62.5	60.1	2.0
Propionato ^c	32.3	27.1	29.1	3.6
Butirato	9.2	10.3	10.8	1.9
Producción de metano ^d	.47	.53	.50	.04

^aSG= Sin grasa suplementaria; G x M= 4%, de grasa adicionada sustituyendo a 4% de maíz en la dieta; C. x A =4% de grasa adicionada sustituyendo a 4% de heno de alfalfa en la dieta.

^b Error estándar de la media.

^c Efecto de grasa suplementaria P<0.10.

^d Metano mol/mol equivalente de glucosa fermentada.

generalmente observada cuando se realiza esta práctica. Los resultados sobre digestibilidad ruminal y de tracto total de MO y almidón obtenidos en el presente experimento concuerdan con estudios previos en donde grasas no protegidas han sido añadidas hasta en 5% a dietas altas en forrajes^{5,28,29}. Sin embargo, los efectos de la grasa suplementaria sobre la digestión ruminal de FAD han sido inconsistentes, ya que en algunos casos^{1,29,30,31,32} adicionar grasa no tiene efecto negativo sobre la digestión de la fibra, aunque en otros estudios^{3,33,34,35} la utilización de grasa disminuye en forma drástica su digestión ruminal. Zinn y Plascencia³⁶ indican que la base para esta inconsistencia aparente no está relacionada con la composición de la dieta en sí. Al parecer los efectos sobre la digestión de la fibra están más estrechamente relacionados con la proporción de ácidos grasos libres (AGL) contenidos en la grasa suplementada.

De cualquier forma, basándonos en éste, así como en resultados de estudios previos^{30,31,33,36}, se concluye que la grasa amarilla a diferencia de otras fuentes de grasas, tiene un efecto limitado sobre la digestión ruminal y de tracto total de la fibra.

El incremento ($P<0.05$) en 34 g/día de flujo de N dietético a duodeno, fue un reflejo directo de la diferencia en el consumo promedio diario de MS, al igual que de la cantidad de N ingerido (+31 g/día) para las dietas suplementadas con grasa; en consecuencia, este aumento no se reflejó en la digestibilidad ruminal del mismo. La mayoría de los estudios no indican efectos sobre la digestibilidad de N a nivel ruminal y de tracto total por efecto de la suplementación con lípidos a las dietas^{22,32,37,38,39}. Aunque existen estudios donde se indica un efecto considerable de las dietas suplementadas con grasas en la digestión de N^{21,40}.

El incremento en la digestibilidad de N en los estudios donde se suplementa grasa puede atribuirse principalmente a la práctica generalizada de incluir pasta de soya (proteína de alta degradabilidad ruminal) a las dietas con grasa para mantener la relación proteína:energía respecto de la dieta testigo. En el presente estudio, en las dietas suplementadas con grasa, las sustituciones se realizaron con fuentes de baja degradabilidad ruminal^{41,42} (Cuadro 1), eso último explica el resultado.

En el presente experimento, así como en la mayoría de estudios previos, la suplementación de lípidos no tuvo efecto sobre el flujo a duodeno de NNA^{32,33,37,43,44}. De igual forma, la ausencia de efectos dado por la suplementación de grasa sobre la eficiencia microbial y eficiencia de N han sido observados en otros estudios^{36,39,45}, aunque varios trabajos^{30,46,47,48} indican aumentos en esos parámetros. En ese sentido, Doreau y Ferlay³⁷ en un estudio recapitulativo, analizaron 38 comparaciones de 24 estudios donde se evaluó el efecto de la suplementación con lípidos sobre metabolismo de N en rumiantes, observando que el aumento en eficiencia microbial resulta sólo cuando existe una disminución de la digestión ruminal de MO por encima del 10% con respecto a las dietas no suplementadas.

Por otra parte, los aumentos en la eficiencia microbial observada en ocasiones con grasas suplementarias se considera como consecuencia en la disminución de la población de protozoarios ruminantes^{49,50}; sin embargo, la ausencia de cambios en el número de protozoarios en este tipo de dietas han sido indicados por Ohajuruka *et al.*²¹ y Towne *et al.*⁵¹

La suplementación de grasa incrementó (4.5%; $P<0.10$) la ED (Mcal/kg) de la dieta. Como consecuencia de que la ED del maíz hojuelado y del heno de alfalfa es de 3.88 y de 2.65 Mcal/kg, respectivamente (NRC⁵²), el valor de la ED de la grasa suplementaria puede estimarse por medio de la técnica diferencial como sigue:

$$\text{ED de la grasa prueba en G x M} = [(\text{ED de la dieta prueba} - \text{ED de la dieta testigo})/0.046 + 3.88 - (0.13 * 2.83)/0.87)]$$

$$\text{ED de la grasa prueba en G x A} = [(\text{ED de la dieta prueba} - \text{ED de la dieta testigo})/0.046 + 2.65 - (0.13 * 2.83)/0.87)],$$

donde las constantes 3.88 y 2.65 son los valores de ED (Mcal/kg) del maíz y heno de alfalfa, respectivamente (NRC⁵²). Las constantes 0.13 y 0.87, corresponden a la proporción de las harinas de carne, pluma y sangre, así como de grasa suplementaria, en la cantidad total de grasa más las harinas proteínicas, las cuales remplazaron al maíz hojuelado o al heno de alfalfa en la dieta basal (Cuadro 1). De acuerdo con lo anterior, el valor de ED para grasa suplementaria fue de 7.54 para G x M y de 6.62 Mcal/kg para G x A, promediando 7.08 Mcal/kg. Considerando que la grasa contiene 9.5 Mcal/kg de EB, y la ED de la grasa fue de 7.08 Mcal/kg, entonces la digestibilidad aparente de la grasa resultó 74.5% a nivel de consumo ajustado a mantenimiento, o en 68% a nivel del consumo mostrado en este experimento. En trabajos previos con dietas de finalización para novillos, se ha determinado un valor promedio de ED para grasa amarilla de 7.7 Mcal/kg^{30,53}; por lo tanto, el valor obtenido aquí corresponde al 92% de ese valor. En una serie de estudios (20 observaciones en total) realizados por Zinn³⁴, éste observó que la digestión posruminal de la grasa suplementaria (DL,%) en novillos está fuertemente asociada al consumo total de lípidos, expresando lo anterior con la siguiente ecuación:

$$DL, \% = 83.18 - 4.52LC - 0.68 LC^3, \text{ donde } LC = \text{lípidos consumidos (g/kg PV)}.$$

Aplicando lo anterior a los resultados de este trabajo, la digestión intestinal de lípidos esperada para las dietas suplementadas con grasa es 67%, valor muy cercano al 68% calculado en base a la ED observada para la grasa suplementaria usada en este experimento.

El resultado obtenido en los parámetros de fermentación ruminal con respecto a la disminución en 13% de la proporción molar de propionato en las dietas suplementadas con grasa es incierto. En general la suplementación con grasa en dietas altas en forraje (>30%) no tiene influencia en el pH ruminal^{54,55}, o en la proporción molar de AGV^{22,36,48,55,56,57,58}. Aunque existen estudios con dietas similares donde la grasa aumenta la proporción de propionato y disminuye la proporción de

acetato^{59,60} no hay informes de que los lípidos suplementarios disminuyan la concentración molar del propionato ruminal.

Con base en lo anterior, se concluye que el suplementar con 4% de grasa a las raciones para ganado en lactancia, puede efectuarse sustituyendo, en la misma proporción, al grano o al forraje sin efectos negativos sobre la fermentación ruminal, o sitio y tasa de digestión de MO, almidón, N, FAD y lípidos. Sin embargo, el valor nutrimental de la grasa suplementaria se redujo en 12% cuando ésta se adicionó sustituyendo al forraje.

Referencias

1. Jenkins TC. Nutrient digestion, ruminal fermentation, and plasma lipids in steers fed combination of hydrogenated fat and lecithin. *J Dairy Sci* 1990;73:2934-2939.
2. Devendra CA, Lewis D. The interaction between dietary lipids and fiber in the sheep. *Anim Prod* 1974;19:67-76.
3. Zinn RA, Plascencia A. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle. *J Anim Sci* 1993;71:11-17.
4. Jenkins TC, Palmquist DL. Effect of fatty acids or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. *J Dairy Sci* 1984;67:978-986.
5. Palmquist DL, Conrad HR. High fat rations for dairy cows: effects of feed intake, milk and fat production, and plasma metabolite. *J Dairy Sci* 1978;61:890-901.
6. Palmquist DL, Conrad HR. High fat rations for dairy cows. Tallow and hydrolyzed blended fat at two intakes. *J Dairy Sci* 1980;63:391-395.
7. Palmquist TC, Jenkins TC. Fat in lactation: review. *J Dairy Sci* 1980;63:1-14.
8. Bergen WG, Purcer DB, Cline JH. Effect of ration on the nutritive quality of rumen microbial protein. *J Anim Sci* 1968;27:1497-1501.
9. AOAC. Official methods of analysis. 14th ed. Washington (DC): Association of Official Analytical Chemists, 1984.
10. Zinn RA, Owens FN. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. *Can J Anim Sci* 1986;66:157-164.
11. Hill FN, Anderson DL. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. *J Nutr* 1958;64:587-594.
12. Zinn RA. Influence of steaming time on site of digestion of flaked corn in steers. *J Anim Sci* 1990;68:776-781.
13. Goering HK, Van Soest PJ. Forage fiber analyses (Apparatus, reagents, procedures, and some applications) Agricultural Handbook No. 379. Washington (DC): ARS-USDA, 1970.
14. Wolin MJ. A theoretical rumen fermentation balance. *J Dairy Sci* 1960;43:1452-1459.
15. Brouwer E. Report of the subcommittee on constants and factors. Proceedings of the 3rd Symposium on Energy Metabolism, 1965 July 14-18; Troon, Scotland: Troon Scotland Europe Association of Animal Production Publication, 1965:441-448.
16. National Research Council. Nutrient requirements of beef cattle. 6th ed. Washington (DC): National Academy Press, 1984.
17. Cochran WG, Cox GM. Experimental design. 2nd ed. New York John Wiley & Son, 1992.
18. AFOA. Trading and arbitration rules. New York: American Fats and Oil Association, 1988.
19. Grummer RR, Luck ML, Barmore JA. Rumen fermentation and lactation performance of cows fed roasted soybeans and tallow. *J Dairy Sci* 1993;76:2674-2681.
20. Khorasani GR, de Boer G, Robinson PH, Kennelly JJ. Effect of canola fat on ruminal and total tract digestion, plasma hormones, and metabolites in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1992;75:492-501.
21. Ohajuruka OA, Wu Z, Palmquist DL. Ruminal metabolism, fiber, and protein digestion by lactating cows fed calcium soap or animal-vegetable fat. *J Dairy Sci* 1991;74:2601-2609.
22. Elliot JP, Drackley JK, Schauff DJ, Jaster EH. Diets containing high oil corn and tallow for dairy cows during early lactation. *J Dairy Sci* 1993;76:775-789.
23. Kim YK, Schigoethe DJ, Casper DP, Ludens FC. Supplemental dietary fat from extruded soybeans and calcium soaps of fatty acids for lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1993;76:197-204.
24. Jenkins TC, Jenny BF. Effect of hydrogenated fat on feed intake, nutrient digestion and lactation performance of dairy cow. *J Dairy Sci* 1989;72:2316-2324.
25. Drackley JK, LaCount DW, Elliot JP, Klusmeyer TH, Overton TR, Clark JH, et al. Supplemental fat and nicotinic acid for Holstein cows during an entire lactation. *J Dairy Sci* 1998;81:201-214.
26. Coppock CE, Wilks DL. Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield, and composition. *J Anim Sci* 1991;69:3826-3837.
27. Plascencia A, Zinn RA. Valor nutricional de grasas suplementarias en dietas de crecimiento-finalización para novillos en confinamiento. *Vet Méx* 1996;27:83-88.
28. Mattos W, Palmquist DL. Increased polyunsaturated fatty acids yields in milk of cows fed protected fat. *J Dairy Sci* 1974;57:1050-1054.
29. Zinn RA, Plascencia A. Comparative digestion of yellow grease and calcium soaps of long-chain fatty acids in cattle. Proceedings of the 43rd Western Section American Society of Animal Science; 1992 July 8-10; Fort Collins, Colorado. Fort Collins (CO): American Society of Animal Science, 1992:454-457.
30. Zinn RA. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin. *J Anim Sci* 1988;66:213-227.
31. Zinn RA. Comparative feeding value of supplemental fat in steam-flaked corn and steam-flaked wheat-based finishing diet for feedlot steers. *J Anim Sci* 1992;70:2959-2969.

32. Doreau M, Legay F, Bauchart D. Effect of source and level of supplemental fat on total and ruminal organic matter and nitrogen digestion in dairy cows. *J Dairy Sci* 1991;74:2233-2242.
33. Zinn RA. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for feedlot steers: metabolism. *J Anim Sci* 1989;67:1038-1049.
34. Zinn RA. Detrimental effect of excessive dietary fat on feedlot cattle growth performance and digestive function. *Proc Anim Sci* 1994;10:66-72.
35. Elliot JP, Drackley DK, Aldrich CG, Merchen NR. Effect of saturation and sterification of fat sources on site and digestion of organic matter, fiber and nitrogen. *J Anim Sci* 1997;2803-2812.
36. Zinn RA, Plascencia A. Effects of forage level on the comparative feeding value of supplemental fat in growing-finishing diets for feedlot cattle. *J Anim Sci* 1996;74:1194-1201.
37. Doreau M, Ferlay A. Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: a review. *Livestock Prod Sci* 1995;43:97-110.
38. Pantoja J, Firkins JL, Eastridge ML. Fatty acids digestibility and lactation performance by dairy cows fed fats varying in degree of saturation. *J Dairy Sci* 1996;79:429-437.
39. Zinn RA, Alvarez EG, Plascencia A, Shen Y. Influence of method of supplementation on the utilization of supplemental fat by feedlot steers. Proceedings of the 43rd Western Section American Society of Animal Science; 1998 July 27-31; Denver, Colorado. Denver (CO): American Society of Animal Science, 1998:291-296.
40. Palmquist DL, Weisbjerg MR, Hvelplund T. Ruminal, intestinal, and total digestibilities of nutrients in cows fed diets high in fat and undegradable protein. *J Dairy Sci* 1993;76:1353-1364.
41. National Research Council. Ruminant nitrogen usage. Washington (DC): National Academy Press, 1985.
42. Zinn RA, Bull LS, Hemkin RW. Degradation of supplemental proteins in the rumen. *J Anim Sci* 1981;52:857-866.
43. Doreau M, Ferlay A, Elmeddah Y. Organic matter and nitrogen digestion by dairy cows fed calcium salts of rapeseed oil fatty acids or rapeseed oil. *J Dairy Sci* 1993;71:499-504.
44. Christensen RA, Overton TR, Clark JH, Drackley JK, Nelson DR, Blum SA. Effects of dietary fat with or without niconic acid on nutrient flow to the duodenum of dairy cows. *J Dairy Sci* 1996;79:1410-1424.
45. Klusmeyer TH, Lynch GL, Clark JH, Nelson DR. Effect of amount of forage and calcium salts of long chain fatty acids(Ca-LCFA) on ruminal fermentation and flow of nutrients to the small intestine of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1989;72(Suppl 1):482(ABstr).
46. Sutton JD, Knight R, McAllan AB, Smith RH. Digestion and synthesis in the rumen of sheep given diets supplemented with free and protected oils. *Br J Nutr* 1983;49:419-427.
47. Jenkins TC, Fotouhi N. Effects of lecithin and corn oil on site of digestion, ruminal fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *J Anim Sci* 1990;68:460-466.
48. Plascencia A, Álvarez E, Zinn RA. Efecto de grasa suplementaria y lecitina sobre digestión de nutrientes y fermentación ruminal en dietas para cabras lactantes. *Rev Cienc Agropecu* 1991;3:49-58.
49. Czerkawsky JW. Effect of linseed oil fatty acids and linseed oil on rumen fermentation in sheep. *J Agric Sci Camb* 1973;81:517-531.
50. Tamminga S, Van Vuuren AM, Van Der Koelen CJ, Khattab HM, Van Gils LGM. Further studies on the effect of fat supplementation of concentrates fed to lactating cows. 3 Effect on rumen fermentation and site of digestion of dietary components. *Neth J Agric Sci* 1983;31:249-255.
51. Towne G, Nagaraja TG, Brandt RT Jr, Kemp KE. Ruminal ciliated protozoa in cattle fed finishing diets with or without supplemental fat. *J Anim Sci* 1990;68:2150-2155.
52. National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th ed. Washington (DC): National Academy Press, 1988.
53. Zinn RA. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for steers: feedlot growth and performance. *J Anim Sci* 1989;67:1029-1037.
54. Ferlay A, Doreau M. Influence of method of administration of rapeseed oil in dairy cows. 1. Digestion of nonlipid components. *J Dairy Sci* 1992;75:3020-3027.
55. Hussein HS, Merchen NR, Fahey CG Jr. Effects of forage level and canola seed supplementation on site and extent of digestion of organic matter, carbohydrates, and energy by steers. *J Anim Sci* 1995;73:2458-2468.
56. Palmquist DL. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. *J Dairy Sci* 1991;74:1354-1360.
57. Aldrich GC, Merchen NR, Drackley JK. The effect of roasting temperature applied to whole soybeans on site of digestion by steers: I. Organic matter, energy, fiber, and fatty acids digestion. *J Anim Sci* 1995;73:2120-2130.
58. Markus SB, Wittenberg KM, Ingalls JR, Undi M. Production responses by early lactation cows to whole sunflower seed or tallow supplementation of a diet based on barley. *J Dairy Sci* 1996;79:1817-1825.
59. Jenkins TC. Butylsoyamide protects soybean oil from ruminal biohydrogenation: effects of butylsoyamide on plasma fatty acids and nutrient digestion in sheep. *J Anim Sci* 1995;73:818-823.
60. Tackett VL, Bertrand JA, Jenkins TC, Pardue FE, Grimes LW. Interaction of dietary fat and acid detergent fiber diets of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1996;79:270-275.