

## Influencia de la grasa dietética, L-carnitina y niacina en la producción y composición de la leche de vacas lecheras en lactación media

A. R. Tasdemir<sup>1</sup>, M. Görgülü<sup>1</sup>, U. Serbest<sup>2</sup> y S. Yurtseven<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Cukurova, Facultad de Agricultura, Departamento de Ciencia Animal, 01330 Adana, Turquía

<sup>2</sup>Universidad de Nigde. Escuela Vocacional de Bor. Departamento de Producción Animal, 51700 Nigde, Turquía

<sup>3</sup>Universidad de Harran. Escuela Vocacional de Ceylanpinar, Urfa, Turquía

Correo electrónico: gorgulu@cu.edu.tr

Se realizaron dos estudios para evaluar el efecto de la grasa dietética, la L-carnitina, y la niacina en la producción y composición de la leche en vacas lecheras en lactación media. Se usaron ocho vacas lecheras multíparas en lactación. Los estudios se llevaron a cabo con arreglo factorial 2x2 en un diseño de cuadrado latino 4x4. Los tratamientos del estudio con grasa-L-carnitina (GLC) fueron: 1) sin grasa (SG) y sin carnitina, 2) sin grasa y 0.045 % carnitina, 3) 3.6 % grasa y sin carnitina, y 4) 3.6 % grasa y 0.045 % carnitina. En el estudio con L-carnitina-niacina (LCN), las raciones contenían grasa dietética (3.6 %) se usaron en todos los tratamientos y estos fueron: 1) sin carnitina y sin niacina, 2) sin carnitina y 0.045 % niacina, 3) 0.045 % carnitina y sin niacina, y 4) 0.045 % carnitina y 0.045 % niacina. En el estudio con GLC, la grasa dietética incrementó la producción de leche ( $P < 0.05$ ) y tuvo tendencia a incrementar el contenido de NNP de la leche ( $P = 0.10$ ) y mejoró la eficiencia de la producción de leche (producción de leche/consumo de materia de seca,  $P < 0.01$ ). Por el contrario, la grasa de la leche, la proteína de la leche, la proteína verdadera y el nitrógeno de caseína ( $P < 0.05$ ) se redujeron por la grasa dietética. La L-carnitina redujo la producción de leche ( $P < 0.05$ ) y el rendimiento de caseína en el estudio con GLC. En relación con la producción de leche; la producción de proteína tuvo tendencia a disminuir ( $P = 0.08$ ) por la L-carnitina. Solo los sólidos no grasos por la interacción ( $P < 0.01$ ) entre la grasa dietética y la L-carnitina. La producción de leche y la eficiencia de la producción de leche también tendió a ser menor ( $P = 0.12$  y  $P = 0.07$ ) con la L-carnitina en el estudio con LCN. La niacina no tuvo impacto positivo en la producción y composición de la leche, excepto para la proporción de N de caseína y N total. La proporción de N de caseína y N total tuvo tendencia a ser alta ( $P = 12$ ) con la L-carnitina y la niacina por separado. Se puede concluir que la grasa dietética puede incrementar la producción de leche y disminuir la grasa y la proteína de la leche. También la suplementación con L-carnitina puede disminuir la producción de leche y la suplementación con niacina no influyó en la producción, composición y otros indicadores de la leche de en las vacas en lactación media alimentadas con una dieta que tiene 60 % de concentrado y 40 % de heno de alfalfa.

Palabras clave: *grasa, L-carnitina, niacina, vaca, producción de leche, composición de leche.*

Las vacas en lactación temprana están en un estado de balance energético negativo porque el consumo de alimento es bajo en relación con la alta demanda energética para la producción de leche. Por lo tanto, se agrega grasa a las dietas en la lactación para incrementar la densidad energética de las raciones y agregar grasa a las dietas de las vacas en lactación se hace una práctica común. También, se han demostrado efectos positivos de la inclusión de grasa dietética en la producción de leche en lactación media (DePeters *et al.* 1989 y Schingoethe *et al.* 1996). Sin embargo, los rumiantes tienen menor capacidad de oxidar (quemar) grasa que los no rumiantes (LaCount y Drackley 1996). Los rumiantes pueden usar la grasa dietética eficientemente cuando la dieta es suplementada con L-carnitina (Carlson *et al.* 2006 y Carlson *et al.* 2007) y niacina (Pires *et al.* 2007 y Pires and Grummer 2007).

La carnitina es una sustancia parecida a una vitamina que media el transporte de ácidos grasos de cadena media y larga a través de la membrana mitocondrial, lo que facilita la beta-oxidación de los ácidos grasos (Vaz y Wanders 2002). La niacina es crítica para numerosos procesos biológicos en el sistema de los mamíferos como resultado de su papel como precursora en la formación de dos coenzimas

esenciales, nicotinamida adenina dinucleótido (NAD) y NAD fosfato (NADP).

La L-carnitina dietética y la niacina pueden ahorrar lisina y metionina para la síntesis de L-carnitina (Borum 1983) y triptófano para la síntesis de niacina (Horner *et al.* 1986) y pueden incrementar la disponibilidad de estos aminoácidos en los tejidos mamaros.

Los efectos de la carnitina dietética con grasa dietética y la carnitina con niacina para raciones que contienen altos niveles de grasa en la composición de la producción de leche de vacas lecheras no se han estudiado profundamente. Por lo tanto, el objetivo de este estudio y de los componentes de la leche fue evaluar la respuesta de la lactación de vacas lecheras a la grasa dietética, la carnitina y la niacina, así como los efectos individuales o sineérgicos de la carnitina y la niacina

### Materiales y Métodos

Se realizaron dos estudios para valorar la influencia de la grasa dietética, la L-carnitina y la niacina en la producción y composición de la leche en vacas lecheras. Ambos estudios se realizaron en un diseño de cuadrado latino 4 x 4. Los tratamientos se distribuyeron en un arreglo factorial 2 x 2. Cada período experimental dentro

del cuadrado latino fue de 21 días. Durante los primeros 14 d de cada período, las vacas se ajustaron a las dietas experimentales, y los datos se recopilaron durante los últimos 7 d de cada período experimental. Se asignaron ocho vacas Holstein multíparas para los estudios. Las vacas se alojaron en un establo al aire libre con cuartón individual de 5 m x 3 m. Estas se ordeñaron dos veces al día a las 06:00 am y 5:00 pm, mediante sistema de ordeño central computarizado central, y la producción de leche de las vacas individuales se registró en cada ordeño. Todas las dietas se ofrecieron mezcladas y su consumo fue *ad libitum*. La ración total mezclada consistió de 60 % de concentrado y 40 % de heno de alfalfa, molinado a un tamaño de partícula de 1.5-20 cm de longitud (tablas 1 y 2) Estos se realizaron simultáneamente en la granja experimental de la Facultad de Agricultura, en la Universidad de Cukurova, Adana-Turquía.

En ambos estudios se utilizó el aceite de soja como fuente de grasas. La L-carnitina (Carnipass<sup>TM</sup>, Lohmann Animal Health GmbH & Co. KG. Germany) y la niacina (nicotinic acid, Ekol Gıda Tarım Hayvancılık A. S. Turkey) se mezclaron durante la infección del concentrado. El Carnipass<sup>TM</sup> contiene, como mínimo, 18 % de L-carnitina la que fue recubierta por la grasa. El aceite de soja, la L-carnitina y la niacina se

suplementaron al alimento.

En el estudio con grasa dietética y L-carnitina, los tratamientos fueron: 1) sin grasa dietética y sin Carnipass (L-carnitina protegida), 2) sin grasa dietética y 0.045 % carnipass, 3) 3.6% grasa y sin carnipass y 4) 3.6 % grasa y 0.045 % carnipass. Las vacas usadas en este ensayo mostraron  $136.75 \pm 3.12$  días en lactación,  $21.43 \pm 0.90$  kg/d de producción de leche, y  $467 \pm 4.96$  kg de peso vivo al comienzo del experimento.

En el estudio con L-carnitina-niacina, los tratamientos fueron: 1) sin carnipass y sin niacina, 2) sin carnipass y 0.045 % niacina, 3) 0.045 % carnipass y sin niacina, y 4) 0.045 % carnipass y 0.045 % niacina. Las vacas que promediaron  $114 \pm 10.54$  días de lactancia, produjeron  $19.6 \pm 1.19$  kg/día de leche y tuvieron  $469 \pm 7.37$  kg de peso vivo se usaron para determinar el impacto de la niacina, la L-carnitina y la niacina más la L-carnitina en vacas lecheras alimentadas con la dieta que contenía grasa. En ambos estudios, la cantidad de carnitina suplementada en las dietas se calculó según la recomendación del fabricante, teniendo en cuenta el consumo de alimento y el promedio del peso vivo de las vacas.

Las composiciones químicas de las dietas se presentan en la tablas 1 y 2. La materia seca, la proteína bruta, el

Tabla 1. Ingredientes y composición química de las dietas en el estudio con grasa dietética y L-carnitina

Ingredientes, base húmeda %	- grasa		+ grasa	
	Sin carnitina	Carnitina	Sin carnitina	Carnitina
Maíz	6.00	6.00	6.00	6.00
Cebada	34.50	34.45	9.54	9.49
Harina de soya	17.46	17.46	15.54	15.54
Salvado de trigo	0.00	0.00	23.04	23.04
Aceite de soya	0.00	0.00	3.60	3.60
Mezcla vitamina-mineral <sup>1</sup>	0.06	0.06	0.06	0.06
Fosfato dicálcico	0.18	0.18	0.12	0.12
Cal	1.38	1.38	1.68	1.68
Sal	0.42	0.42	0.42	0.42
L-Carnitina (Carnipass)	0.00	0.045	0.00	0.045
Heno de alfalfa	40.00	40.00	40.00	40.00
Composición química, (base MS)				
MS, %	89.54	89.50	89.82	89.93
PB, %	19.04	19.43	19.26	19.19
PNR <sup>2</sup> , % PB	35.92	35.20	34.68	34.81
EM <sup>2</sup> , MJ/kg	10.92	10.92	11.30	11.30
Extracto etéreo, %	3.44	3.28	8.47	8.05
Ceniza cruda, %	7.71	8.36	9.63	9.13
FND, %	35.12	34.11	37.85	36.62
FAD, %	23.80	23.51	27.26	24.69
Ca <sup>2</sup> , %	1.34	1.34	1.45	1.45
P <sup>2</sup> , %	0.43	0.43	0.57	0.57

<sup>1</sup>Cada kg de la mezcla vitamina-mineral suministra 8.000.000 UI Vit. A, 1.000.000 UI Vit D3, 30.000 mg Vit E, 50.000 mg Mn, 50.000 mg Zn, 50.000 mg Fe, 10.000 mg Cu, 150 mg Co, 800 mg I, 150 mg Se.

<sup>2</sup>Calculada según NRC (2001). <sup>2</sup>PNR: Proteína no degradable en rumen.

extracto etéreo y la ceniza cruda de la dieta experimental se analizaron según los procedimientos estándares de AOAC (1998). Los contenidos de FND y FAD de las dietas se analizaron mediante los métodos de Van Soest *et al.* (1991) en el analizador de fibra ANKOM. La energía metabolizable, la proteína no-degradable en el rumen, y los contenidos de Ca y P de las dietas se calcularon sobre la base de los valores de la tabla publicada por NRC (2001).

Las muestras de leche se tomaron de vacas individuales en el ordeño matutino durante los últimos siete días de cada período. La grasa de la leche se determinó por el método de Gerber. Las muestras de leche también se analizaron para determinar materia seca, cenizas, proteína de la leche, NNP, y nitrógeno de caseína según AOAC (1998). Se calculó el resto de las fracciones de nitrógeno, el nitrógeno de la proteína verdadera, el nitrógeno del suero, los sólidos no grasos (SNG), la tasa de nitrógeno proteico verdadero y el nitrógeno total, y la tasa de nitrógeno de caseína y el nitrógeno total. El N proteico del suero se calculó como la diferencia entre el N de la proteína verdadera y el N de caseína. Los sólidos no grasos (SNG) se calcularon como la diferencia entre los sólidos totales y la grasa.

La producción de leche y el consumo de alimento se midieron diariamente. El peso corporal se determinó al comienzo del experimento y al final de cada período para observar los cambios en los pesos vivos.

Los datos obtenidos en los estudios se analizaron mediante el procedimiento GLM del SAS (1997) y las medias se compararon mediante la Dócima de Rangos Múltiples de Duncan. Las diferencias entre las medias a  $P < 0.05$  se consideraron significativas, y las diferencias entre medias a  $P > 0.05$  y  $P < 0.12$  se consideraron que indicaban una tendencia a la diferencia significativa.

### Resultados

En el estudio con grasa-L-carnitina, la grasa incrementó la producción de leche ( $P < 0.05$ ), mejoró la eficiencia en la producción de leche ( $P < 0.01$ ), y tendió a incrementar el contenido de NNP en la leche ( $P = 0.10$ , tabla 3). Sin embargo, la grasa de la leche y el contenido de proteína disminuyeron ( $P < 0.05$ ) marcadamente por la grasa dietética. También, la grasa dietética redujo la tasa de N proteico de la leche y N total ( $P = 0.07$ ). De igual forma, el nitrógeno de la proteína verdadera y el nitrógeno de la

Tabla 2. Ingredientes y composición química de las dietas en el estudio con L-carnitina-niacina

Ingredientes, base húmeda %	Sin carnitina		Carnitina	
	Sin niacina	Niacina	Sin niacina	Niacina
Maíz	6.00	6.00	6.00	6.00
Cebada	9.54	9.49	9.49	9.45
Harina de soya	15.54	15.54	15.54	15.54
Salvado de trigo	23.04	23.04	23.04	23.04
Aceite de soya	3.60	3.60	3.60	3.60
Mezcla vitamina-mineral <sup>1</sup>	0.06	0.06	0.06	0.06
Fosfato dicálcico	0.12	0.12	0.12	0.12
Cal	1.68	1.68	1.68	1.68
Sal	0.42	0.42	0.42	0.42
L-carnitina (Carnipass)	0.00	0.00	0.045	0.045
Niacina (ácido nicotínico)	0.00	0.045	0.00	0.045
Heno de alfalfa	40.00	40.00	40.00	40.00
Composición química, (base MS)				
MS, %	89.82	90.31	89.93	89.80
PB, %	19.26	19.42	19.12	19.19
PNR <sup>2</sup> , % PB	34.68	34.39	34.94	34.81
ME <sup>2</sup> , MJ/kg	11.30	11.30	11.30	11.30
Extracto etéreo, %	8.47	7.98	8.05	7.95
Ceniza cruda, %	9.63	8.84	9.13	8.69
FND, %	37.85	35.54	36.62	35.22
FAD, %	27.26	24.17	24.69	24.75
Ca <sup>2</sup> , %	1.30	1.30	1.30	1.33
P <sup>2</sup> , %	0.51	0.51	0.51	0.56

<sup>1</sup>Cada kg de la mezcla vitamina-mineral suministra 8.000.000 UI Vit. A, 1.000.000 UI Vit D3, 30.000 mg Vit E, 50.000 mg Mn, 50.000 mg Zn, 50.000 mg Fe, 10.000 mg Cu, 150 mg Co, 800 mg I, 150 mg Se.

<sup>2</sup>PNR: Proteína no degradable en rumen. Calculada según NRC (2001).

caseína también disminuyeron de forma significativa ( $P < 0.05$ ) por la grasa dietética. El estudio de grasa-carnitina también mostró que el cambio en el peso corporal, el la leche corregida al 4 % de grasa, el CMS, el rendimiento de grasa de la leche y proteína no se afectaron por la grasa dietética.

La L-carnitina disminuyó ( $P < 0.05$ ) el rendimiento de la leche y de la caseína. el rendimiento de proteína de la leche tendió ( $P = 0.08$ ) disminuyó con suplementación de L-carnitina. Estos efectos son probablemente una muestra del incremento de la producción de leche de las vacas alimentadas con la dieta de grasa y sin L-carnitina. Esto resultó en una interacción entre la grasa dietética y la L-carnitina ( $P = 0.08$ ).

Existió una interacción ( $P < 0.01$ ) entre la grasa y la carnitina para los SNG. El contenido de SNG de la leche se incrementó marcadamente por la L-carnitina en las vacas alimentadas con la dieta sin grasa, pero se redujo por la L-carnitina en las vacas alimentadas con la dieta que contienen grasa. La razón para esta interacción puede estar relacionada con la reducción de la grasa de la leche y del contenido de proteína por la grasa dietética.

En el estudio con la L-carnitina y la niacina dietética, la producción de leche tendió ( $P = 0.12$ ) a reducirse por la L-carnitina y esta última no tuvo efecto significativo

en la composición de la leche. Además, los resultados obtenidos del estudio de L-carnitina-niacina mostraron que la producción de leche, la composición de la leche, el consumo de alimento, el cambio de peso corporal y otros parámetros medidos no fueron afectados ( $P > 0.05$ ) por la niacina dietética (tabla 4).

### Discusión

En el estudio de grasa-L-carnitina, la grasa dietética incrementó la producción de leche aproximadamente 1.73 kg/d (18.8 vs. 20.53 kg/d), disminuyó el porcentaje de proteína de la leche (3.44 vs. 3.21 %), pero no la producción de proteína de la leche. Las vacas que consumieron las dietas con grasa pudieron aumentar la producción de leche debido al incremento del consumo de energía o a la mejor eficiencia en la utilización de la energía (Klusmeyer y Clark 1991). En este estudio, la grasa dietética aumentó la producción de leche y este resultado estuvo en concordancia con la mayoría de los estudios (Kim *et al.* 1993, Maiga *et al.* 1995 y Alzahal *et al.* 2008), aunque algunos estudios no mostraron ningún incremento (Beaulieu y Palmquist 1995 y Cervantes *et al.* 1996) o disminución (Duske *et al.* 2009) de la producción de la leche con la grasa suplementada. El aumento en la producción de leche, no así los cambios en el CMS y el CPC debido al uso

Tabla 3. Efectos de la grasa dietética y la L-carnitina en el consumo de nutrientes, producción de leche y composición de leche

Grasa (G)	No		Sí		EEM	Efectos ( $P <$ )		
	No	Si	No	Si		G	LC	GxLC
L-Carnitina (LC)								
CPC, kg/día	0.69	0.43	0.47	-0.09	0.44	0.43	0.38	0.74
Producción de leche, kg/d	19.26	18.34	21.38	19.67	0.52	0.05	0.05	0.48
4% LGC, kg/d	17.32	16.48	17.93	16.42	0.76	0.73	0.17	0.68
CMS, kg/d	17.08	16.88	17.23	16.56	0.46	0.86	0.38	0.63
EPL (Producción de leche/CMS)	1.13	1.09	1.25	1.19	0.03	0.01	0.19	0.83
Rendimiento de proteína, kg/d	0.65	0.65	0.69	0.62	0.02	0.60	0.08	0.08
Rendimiento de grasa, kg/d	0.64	0.61	0.63	0.57	0.04	0.58	0.33	0.84
Rendimiento de caseína, kg/d	0.44	0.43	0.47	0.42	0.01	0.50	0.05	0.20
Composición de leche, %								
Grasa	3.43	3.35	2.91	3.00	0.13	0.05	0.96	0.55
Proteína	3.35	3.53	3.24	3.18	0.09	0.05	0.52	0.22
SNG	8.19	8.35	8.44	8.13	0.05	0.78	0.17	0.01
Fracciones de Nitrógeno								
N total, g/L	5.26	5.54	5.08	4.99	0.14	0.05	0.53	0.22
N de la proteína, g/L	4.92	5.25	4.71	4.56	0.16	0.05	0.58	0.18
N de la caseína, g/L	3.58	3.64	3.42	3.31	0.09	0.05	0.79	0.76
N del suero, g/L	1.35	1.62	1.29	1.25	0.14	0.18	0.45	0.32
NNP, g/L	0.34	0.28	0.37	0.43	0.05	0.10	0.98	0.26
N de la proteína/ N total, %	93.52	94.84	92.73	91.27	1.01	0.07	0.94	0.21
N de la caseína/ N total, %	67.75	65.88	67.39	66.48	1.68	0.94	0.44	0.78

CPC: Cambio de peso corporal, LGC: Leche con grasa corregida, EPL: Eficiencia de la producción de leche (EPL=Producción de leche/CMS); SNG: Sólidos no grasos; NNP: Nitrógeno no proteico

Tabla 4. Efectos de L-carnitina y niacina en el consumo de nutrientes, producción de leche y composición de leche

L-Carnitina (LC)	No		Si		EEM	Efectos (P<)		
	No	Si	No	Si		LC	N	LCxN
Niacina (N)								
CPC, kg/día	0.41	0.17	1.02	0.23	0.38	0.41	0.23	0.50
Producción de leche, kg/d	19.87	19.01	17.54	18.79	0.70	0.12	0.78	0.18
4% LGC, kg/d	15.84	13.48	13.75	14.56	1.12	0.67	0.52	0.21
CMS, kg/d	17.47	16.65	16.85	16.89	0.28	0.52	0.22	0.18
EPL (Producción de leche/CMS)	1.14	1.14	1.04	1.11	0.03	0.07	0.28	0.25
Rendimiento de proteína, kg/d	0.68	0.61	0.55	0.61	0.04	0.22	0.91	0.19
Rendimiento de grasa, kg/d	0.53	0.40	0.45	0.47	0.06	0.98	0.39	0.24
Rendimiento de caseína, kg/d	0.44	0.42	0.37	0.42	0.02	0.20	0.69	0.18
Composición de leche, %								
Grasa	2.63	1.94	2.46	2.44	0.22	0.48	0.16	0.19
Proteína	3.37	3.15	3.12	3.25	0.12	0.55	0.73	0.19
SNG	8.25	8.14	8.07	8.40	0.13	0.78	0.44	0.14
Fracciones de Nitrógeno								
N total, g/L	5.28	4.94	4.89	5.10	0.19	0.55	0.73	0.19
N de la proteína, g/L	4.95	4.63	4.56	4.73	0.19	0.48	0.69	0.24
N de la caseína, g/L	3.44	3.36	3.32	3.53	0.08	0.76	0.47	0.14
N del suero, g/L	1.52	1.27	1.25	1.20	0.13	0.23	0.30	0.47
NNP, g/L	0.34	0.31	0.33	0.37	0.03	0.49	0.76	0.34
N de proteína/ N total, %	93.58	93.57	93.33	92.81	0.64	0.46	0.69	0.70
N de caseína/ N total, %	65.42	67.89	67.92	69.18	1.03	0.12	0.12	0.58

CPC: Cambio de peso corporal, LGC: Leche con grasa corregida, EPL: Eficiencia de producción de leche (EPL: Rendimiento de leche/CMS), CMS: Consumo de materia seca, SNF: Sólidos no grasos, NNP: Nostrógeno no proteico

de la grasa en la dieta en este estudio, fueron reflejo de la mayor eficiencia en la utilización de la energía de la grasa (Cant *et al.* 1993a).

El porcentaje de proteína de la leche se redujo significativamente por la grasa dietética ( $P < 0.05$ ), lo que estuvo en concordancia con varios informes (Alzahal *et al.* 2008 y Duske *et al.* 2009). El contenido de proteína de la leche fue 0.23 unidades porcentuales menos para las vacas que consumieron alto contenido de grasa que para las vacas que consumieron poca grasa. La distribución de las fracciones del N de la leche se vio afectada por la grasa dietética (tabla 3). Las grasas dietéticas redujeron el N total, el N de la proteína, y el N de la caseína. El contenido de NNP de la leche en las vacas que consumieron la dieta que contenía altos niveles de grasa tendió a ser mayor que el de las vacas alimentadas con bajos niveles de grasa dietética. La proporción de N de proteína de la leche y de N total tendió a ser menor por la grasa dietética. La grasa dietética puede reducir el contenido total de N de la leche, particularmente las fracciones de caseína (Chow *et al.* 1990 y Onetti y Grummer 2006). Como se mencionó anteriormente, una disminución en el porcentaje de proteína de la leche ocurre cuando la grasa es suplementada en la dieta (Alzahal *et al.* 2008 y Duske *et al.* 2009). La grasa dietética puede limitar el suministro de aminoácidos esenciales al intestino delgado mediante la disminución del crecimiento

microbiano a medida que la grasa se reemplazó por carbohidrato fermentable (Palmquist *et al.* 1993) lo que constituye la fuente de energía para los microorganismos del rumen y puede influir en el fraccionamiento de los nutrientes en las glándulas mamarias y otros tejidos mediante el cambio del balance hormonal debido a los niveles de carbohidratos dietéticos y de grasa (Cant *et al.* 1993a y Cant *et al.* 1993b). Además, el efecto de dilución (Hoffman *et al.* 1991) puede desempeñar un papel en este resultado a mediada que se incrementa la producción de leche por el aumento de la grasa dietética.

La grasa dietética disminuyó el porcentaje de grasa de la leche (3.39 vs. 2.96 %), pero no influyó la producción de grasa de la leche en el estudio con grasa dietética-L-carnitina (tabla 3). Similares resultados se informaron por Onetti y Grummer (2006) y Alzahal *et al.* (2008). La disminución de la grasa de la leche puede también deberse a la acumulación de ácidos grasos trans en el rumen durante la hidrogenación de ácidos grasos insaturados de cadena larga (Grummer 1991), e inhibición de la síntesis de grasa de la leche en las glándulas mamarias (Onetti *et al.* 2002). En los estudios actuales, el aceite de soya no-prottegido se usó como fuente de grasa, y estos informes, relacionados con la producción de leche, la grasa de la leche y el contenido de proteína, apoyan los hallazgos en el

estudio de grasa dietética-carnitina.

Los resultados de ambos experimentos indicaron que la suplementación de L-carnitina en las dietas de vacas en media lactación disminuyó la producción de leche, pero no afectó la composición de la leche significativamente. La carnitina no tuvo efecto en la distribución del N en la leche. Sin embargo, la tasa de N de la caseína y de N total tuvo tendencia a ser mayor en el estudio de carnitina-niacina, y esto pudo resultar de los efectos limitados de la L-carnitina suplementada para lisina y metionina puesto que son usadas para la síntesis de novo de la carnitina (Borum 1983). Es bien conocido que la lisina (Chow *et al.* 1990) y la metionina (Chow *et al.* 1990 y Kowalski *et al.* 2003) son los aminoácidos más limitantes en la síntesis de la proteína de la leche y la producción de leche.

Las reducciones en la producción de leche en ambos experimentos pueden resultar del efecto negativo de L-carnitina en la digestibilidad aparente de la materia seca, la materia orgánica, la proteína bruta, la FAD, la FND, la energía y la digestibilidad de los ácidos grasos (LaCount *et al.* 1996a, b). La eficacia de la suplementación de carnitina en rumiantes no está clara en la literatura. Un ejemplo breve sería el de los resultados de LaCount *et al.* (1995, 1996 a, b). LaCount *et al.* (1995) y Carlson *et al.* (2006) informaron que la suplementación de carnitina no alteró la producción de leche. LaCount *et al.* (1996a, b) fueron, en cambio, incapaces de obtener una respuesta beneficiosa en las digestibilidades de nutrientes cuando se suplementó con carnitina en sus estudios. Nuestros resultados apoyaron los hallazgos de Carlson *et al.* (2007). Estos mostraron que las vacas lecheras que recibieron 100 g de carnitina d<sup>-1</sup> redujeron el consumo de materia seca y la producción de leche. La infusión postruminal de L-carnitina incrementó la producción de leche de vacas lecheras solo bajo condición de alimentación restringida (Carlson *et al.* 2006). Este incremento es confirmado por el decrecimiento en la concentración total de lípidos y la acumulación de triglicéridos en el hígado.

Los resultados en este estudio no estuvieron totalmente en concordancia con la literatura, y el resultado contrastante pudiera ser más probable debido a la forma de carnitina (carnipass) usada en este estudio, la que está embebida en grasa para protegerla del pH ruminal y de la actividad microbiana.

Algunos factores se han informado que pueden afectar la respuesta de las vacas lecheras a la carnitina. LaCount *et al.* (1996a, b) y Carlson *et al.* (2006) abordaron la degradación ruminal de carnitina. Ellos observaron incrementos en la degradación de la carnitina cuando el líquido ruminal provenía de vacas que habían sido adaptadas a la carnitina. LaCount *et al.* (1996b) informaron que la degradación de la carnitina se incrementó después que ella había sido suministrada en la dieta durante más de dos semanas. Además, Cutil *et al.* (2009) señalaron que el tratamiento oral con

carnitina alteró los triglicéridos, el colesterol, la urea y la glucosa sérica en ovejas lactantes después de tres semanas de iniciado el tratamiento con carnitina. LaCount *et al.* (1996b) argumentaron que la dieta influye en la tasa de degradación de la carnitina. Esta última se degrada más rápido en el líquido ruminal de vacas alimentadas con alto contenido de forraje (50 %) que en aquel que proviene de vacas alimentadas con dietas con alto contenido (75 %) de granos.

La interacción entre la grasa y la carnitina fue significativa para los SNG de la leche. El contenido de SNG de la leche en las vacas que consumieron la dieta sin grasa se incrementó (8.19 vs. 8.35 %) por la L-carnitina, pero disminuyó (8.44 vs. 8.13 %) por la L-carnitina en las vacas que recibieron la dieta con grasa. Este efecto de interacción en los SNG es atribuible a los cambios en la grasa de la leche y contenido de proteína. De forma similar, LaCount *et al.* (1995) encontraron que el contenido de SNG se incrementó por la suplementación con L-carnitina.

En el estudio con carnitina-niacina, la niacina no afectó significativamente la producción de leche, la composición de la leche y otros parámetros en vacas lecheras en lactación media. Sin embargo, la tasa de nitrógeno de la caseína y nitrógeno total de las vacas que recibieron la dieta con niacina fue ligeramente mayor que en las que no recibieron niacina. Esta tendencia puede estar relacionada con los efectos limitantes de la niacina para el triptófano usado para la síntesis de niacina (Horner *et al.* 1986). La suplementación de niacina en vacas lactantes aumentó la producción de leche (Jaster *et al.* 1983 y Muller *et al.* 1986) y alivió la disminución de la proteína de la leche inducida por la grasa dietética agregada (Horner *et al.* 1986 y Erickson *et al.* 1992). Este beneficio fue mayor con la nicotinamida que con el ácido nicotínico (Jaster y Ward 1990). Sin embargo, algunos otros estudios no informaron mejora en la producción de leche y la composición de la leche con la niacina (Bernard *et al.* 1995 y Taşdemir y Görgülü 1998). Los CMS fueron similares para las vacas que se alimentaron de las diferentes dietas (tabla 4). Algunos estudios han informado similar consumo de materia seca cuando se suministró carnitina (LaCount *et al.* 1995; 1996a, b) o niacina (Erickson *et al.* 1992, Horner *et al.* 1986 y Martínez *et al.* 1991). En adición, la NRC (2001) evaluó 30 estudios de lactación con niacina y comunicó solo una respuesta positiva a la niacina y ninguna respuesta en los otros. De igual manera, Schwab *et al.* (2005) investigaron mediante meta-análisis la suplementación de niacina en vacas lecheras e informaron que hay gran variabilidad en respuesta a la niacina suplementada.

Las razones para obtener resultados tan variables cuando se alimenta con niacina a vacas lecheras pueden incluir diferencias en la composición de las dietas, nivel de producción de las vacas, diseño experimental (largo plazo, alimentación continua vs. corto plazo, diseño de cuadrado latino), estación del año en que se condujo el

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.

experimento afectado por estrés calórico, tipo de grasa suministrada, fuente y cantidad de proteína en la dieta, cantidad de proteína bruta degradable y no degradable en la dieta, y cantidad de carbohidratos estructurales, y no estructurales en la dieta (Christensen *et al.* 1996) y fuente de niacina (Jaster y Ward 1990).

Los resultados obtenidos en los estudios indicaron que la grasa dietética incrementó la producción de leche y el NNP de la leche, pero disminuyó la grasa de la leche, la proteína, el nitrógeno de la proteína verdadera y nitrógeno de caseína en vacas lecheras en lactación media. La L-carnitina disminuyó la producción de leche significativamente y no previno la reducción de la grasa de la leche debido al uso de grasa en la dieta que contenía 60 % de concentrado y 40 % de heno de alfalfa. Se necesitan futuros estudios llevados a cabo a largo plazo y con alto número de animales para investigar los efectos de la suplementación de L-carnitina en el comportamiento de vacas lecheras.

### Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Fondo de Investigación de la Universidad de Cukurova por el apoyo financiero y al Dr. S. Jacobs, de Salud Animal Lohmann, Cuxhaven, Alemania, por el regalo del Carnipass (L-carnitina protegida) y al Dr. O. Yucelt, Ekol Gıda Tarım Hayvancılık A.S-Turquía por la entrega de la niacina (ácido nicotínico).

### Referencias

- Alzahal, O., Odongo, N.E., Mutsvangwa, T., Or-Rashid, M.M., Duffield, T.F., Bagg, R., Dick, P., Vessie, G. & McBride, B.W. 2008. Effects of monensin and dietary soybean oil on milk fat percentage and milk fatty acid profile in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:1166
- AOAC 1998. Official Methods of Analysis. 16th Ed., 4th. Ass. Off. Anal. Chem. Washington, D.C.
- Beaulieu, A.D. & Palmquist, D.L. 1995. Differential effects of high fat diets on fatty acid composition in milk of Jersey and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 78:1336
- Bernard, J.K., Quigley, J.D., Dowlen, H.H. & Lamar, K.C. 1995. Supplemental niacin and heat-treated whole soybeans for jersey cows during early lactation. *J. Dairy Sci.* 78:2016
- Borum, P.R. 1983. Carnitine. *Ann. Rev. Nutr.* 3:233
- Cant, J.P., DePeters, E.J. & Baldwin, R.L. 1993a. Mammary amino acid utilization in dairy cows fed fat and its relationship to milk protein depression. *J. Dairy Sci.* 76:762
- Cant, J.P., DePeters, E.J. & Baldwin, R.L. 1993b. Mammary uptake of energy metabolites in dairy cows fed fat and its relationship to milk protein depression. *J. Dairy Sci.* 76:2254
- Carlson, D.B., Litherland, N.B., Dann, H.M., Woodworth, J.C. & Drackley, J.K. 2006. Metabolic effects of abomasal L-Carnitine infusion and feed restriction in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 89:4819
- Carlson, D.B., McFadden, J.W., D'Angelo, A.D., Woodworth, J.C. & Drackley, J.K. 2007. Dietary L-Carnitine affects periparturient nutrient metabolism and lactation in multiparous cows. *J. Dairy Sci.* 90:3422
- Cervantes, A., Smith, T.R. & Young, J.W. 1996. Effects of nicotinamide on milk composition and production in dairy cows fed supplemental fat. *J. Dairy Sci.* 79:105
- Chow, J.M., DePeters, E.J. & Baldwin, R.L. 1990. Effect of rumen-protected methionine and lysine on casein in milk when diets high in fat or concentrate are fed. *J. Dairy Sci.* 73:1051
- Christensen, R.A., Overton, T.R., Clark, J.H., Drackley, J.K., Nelson, D.R. & Blum, S.A. 1996. Effect of dietary fat with or without nicotinic acid on nutrient flow to duodenum of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79:1410
- Citil, M., Karapehlivan, M., Erdogan, H. E., Yucayurt, R., Atakisi, E. & Atakisi, O. 2009. Effect of orally administered L-carnitine on selected biochemical indicators of lactating Tuj-eves Small Ruminants. *Res.* 81:174
- DePeters, E.J., Taylor, S.J. & Baldwin, R.L. 1989. Effect of dietary fat in isocaloric rations on the nitrogen content of milk from holstein cows. *J. Dairy Sci.* 72:2949
- Duske, K., Hammon, H.M., Langhof, A.K., Bellmann, O., Losand, B., Nürnberg, K., Nürnberg, G., Sauerwein, H., Seyfert, H.M. & Metges, C.C. 2009. Metabolism and lactation performance in dairy cows fed a diet containing rumen-protected fat during the last twelve weeks of gestation. *J. Dairy Sci.* 92:1670
- Erickson, P.S., Murphy, M.R. & Clark, J.H. 1992. Supplementation of dairy cow diets with calcium salts of long-chain fatty acids and nicotinic acid in early lactation. *J. Dairy Sci.* 75:1078
- Grummer, R.R. 1991. Effect of feed on the composition of milk fat. *J. Dairy Sci.* 74:3244
- Hoffman, P.C., Grummer, R.R., Shaver, R.D., Broderick, G.A., & Drendel, T.R. 1991. Feeding to early supplemental fat and undegraded intake protein lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74:3468
- Horner, J.L., Coppock, C.E., Schelling, G.T., Labore, J.M. & Nave, D.H. 1986. Influence of niacin and whole cottonseed on intake, milk yield and composition, and systemic responses of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69:3087
- Jaster, E.H., Hartnell, G.F. & Hutjens, M.F. 1983. Feeding supplemental niacin for milk production in six dairy herds. *J. Dairy Sci.* 66:1046
- Jaster, J.H. & Ward, N.E. 1990. Supplemental nicotinic acid or nicotinamide for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73:2880
- Kim, Y.K., Schingoethe, D.J., Casper, D.P. & Ludens, F.C. 1993. Supplemental dietary fat from extruded soybeans and calcium soaps of fatty acids for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:197
- Klusmeyer, T.H. & Clark, J.H. 1991. Effects of dietary fat and protein on fatty acid flow to the duodenum and in milk produced by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74:3055
- Kowalski, Z.M., Pisulewski, P.M. & Görgülü, M. 2003. Effects of protected methionine and variable energy supply on lactational responses in dairy cows fed grass silage-based diets. *J. Anim. Feed Sci.* 12:451
- LaCount, D.W. & Drackley, J.K. 1996. Carnitine for lactating dairy cows. *Illinois Dairy Report*. Available: <<http://www.aces.uiuc.edu/~ansystem/dairyrep96/LaCount.html>>
- LaCount, D.W., Drackley, J.K. & Weigel, D.J. 1995. Responses of dairy cows during early lactation to ruminal or abomasal administration of L-carnitine. *J. Dairy Sci.* 78:1824
- LaCount, D.W., Emmert, L.S. & Drackley, J.K. 1996b. Dose

- Response of Dairy Cows to Abomasal Administration of Four Amounts of L-Carnitine. *J. Dairy Sci.* 79:591
- LaCount, D.W., Ruppert, L.D. & Drackley, J.K. 1996a. Ruminal Degradation and Dose Response of Dairy Cows to Dietary L-Carnitine. *J. Dairy Sci.* 79:260
- Maiga, H.A., Schingoethe, D.J. & Ludens, F.C. 1995. Evaluation of diets containing supplemental fat with different sources of carbohydrates for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78:1122
- Martinez, N., DePeters, E.J. & Bath, D.L. 1991. Supplemental niacin and fat effects on milk composition of lactating holstein cows. *J. Dairy Sci.* 74:202
- Muller, L.D., Heinrichs, A.J., Cooper, J.B. & Atkin, Y.H. 1986. Supplemental niacin for lactating cows during summer feeding. *J. Dairy Sci.* 69:1416
- NRC 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy Press: Washington, D.C.
- Onetti, S.G. & Grummer, R.R. 2006. Response of lactating cows to three supplemental fat sources as affected by forage in the diet and stage of lactation: a meta-analysis of literature. *Anim. Feed Sci. Techn.* 115:65
- Onetti, S.G., Shaver, R.D., McGuire, M.A., Palmquist, D.L. & Grummer, R.R. 2002. Effect of supplemental tallow on performance of dairy cows fed diets with different corn silage:alfalfa silage ratios. *J. Dairy Sci.* 85:632
- Palmquist, D.L., Weisbjerg, M.R. & Hvelplund, T. 1993. Ruminal, intestinal, and total digestibilities of nutrients in cows fed diets high in fat and undegradable protein. *J. Dairy Sci.* 76:1353
- Pires, J.A.A. & Grummer, R.R. 2007. The use of nicotinic acid to induce sustained low plasma nonesterified fatty acids in feed-restricted Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 90:3725
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.
- Pires, J.A.A., Pescara, J.B. & Grummer, R.R. 2007. Reduction of plasma NEFA concentration by nicotinic acid enhances the response to insulin in feed-restricted Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 90:4635
- SAS 1997. User's Guide: Statistics, Version 7.0 Edition. SAS Inst., Inc., Cary, N. C.
- Schingoethe, D.J., Brouk, M.J., Lightfield, K.D. & Baer, R.J. 1996. Lactational responses of dairy cows fed unsaturated fat from extruded soybeans or sunflower seeds. *J. Dairy Sci.* 79:1244
- Schwab, E.C., Caraviello, D.Z. & Shaver, R.D. 2005. A meta-analysis of lactation responses to supplemental dietary niacin in dairy cows. *The Proff. Anim. Scient.* 21:239
- Taşdemir, A.R. & Görgülü, M. 1998. Effects of dietary supplemental baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and niacin on milk yield and milk composition of dairy cows. *Proceedings of British Society of Animal Science. Spa Complex, Scarborough, UK*, p.217
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583
- Vaz, F.M. & Wanders, R.J.A. 2002. Carnitine biosynthesis in mammals. *Biochem.* 361:417
- Zimbelman, R. B, Baumgard, L. H. & Collier, R. 2010. Effect of encapsulated niacin on evaporative heat loss and body temperature in moderately heat-stressed lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 93:2387

**Recibido: 9 de marzo de 2011**