

DIGESTIBILIDAD DE GRASA Y EXCRECIÓN FECAL DE ÁCIDOS GRASOS EN CERDOS ALIMENTADOS CON DIETAS DE CEREALES Y HARINA DE CAÑA DE AZUCAR BIOTRANSFORMADA

J. Ly

Instituto de Investigaciones Porcinas. Gaveta Postal No. 1, Punta Brava. La Habana, Cuba
email: JLy@iip.co.cu

RESUMEN

Se empleó un cuadrado latino 4x4 duplicado para estudiar la digestibilidad rectal de grasa y excreción fecal de ácidos grasos (equivalentes de ácido esteárico) en ocho cerdos machos castrados de 30–60 kg alimentados con una dieta en la que la harina de trigo fue progresivamente sustituida por harina de caña enriquecida por fermentación en fase sólida (saccharina, 0, 20, 40 y 60% de la dieta seca respectivamente).

El consumo de grasa disminuyó debido al bajo contenido de grasa total o neutra (extracción en Soxhlet con éter de petróleo acidificado o no) en la saccharina (1.87 y 0.63% respectivamente en base seca). El nivel de saccharina dietética tuvo más influencia en la digestibilidad de la grasa total que en la de la grasa neutra (56.1 y 71.0; 51.4 y 66.1; 47.2 y 63.7; 39.8 y 67.7% para niveles crecientes de saccharina en dieta, respectivamente). Concomitantemente el flujo fecal de AG libres o totales decreció con la elevación del nivel de saccharina en dieta (4.4 y 13.3; 3.8 y 10.9; 3.1 y 9.4; 1.5 y 9.7g/día respectivamente). El flujo fecal del total de AG disminuyó con el nivel de saccharina desde el 69.8% hasta el 49.8% del total de grasa fecal excretada diariamente.

Aunque en dietas de cereales y saccharina el aporte de grasa es poco importante desde el punto de vista del metabolismo energético, la absorbabilidad de vitaminas liposolubles pudiera estar influenciada por un cambio en la digestión de grasa como el que puede ocurrir en condiciones de alimentación de los cerdos como las descritas aquí.

Palabras claves: cerdos, grasa, ácidos grasos, digestibilidad, caña de azúcar

Título corto: Digestibilidad de grasa en cerdos alimentados con harina de caña

FAT DIGESTIBILITY AND FAECAL EXCRETION OF FATTY ACIDS IN PIGS FED DIETS BASED ON CEREALS AND BIOTRANSFORMED SUGAR CANE MEAL

RESUMEN

A duplicate 4x4 Latin square design was used for studying fat digestibility up to faeces and faecal excretion of fatty acids (stearic acid equivalent) in eight castrate male 30-60 kg pigs fed diets where wheat meal was progressively substituted for sugar cane meal which was enriched by solid state fermentation (saccharina, 0, 20, 40 and 60% of diet in dry basis respectively).

Fat consumption diminished due to the low content of either total or neutral fat in saccharina (1.87 and 0.63% in dry basis respectively) as determined by Soxhlet extraction with petroleum ether which was acidified or not). The level of saccharina in diet had more influence in rectal digestibility of total fat than neutral fat (56.1 and 71.0; 51.4 and 66.1; 47.2 and 63.7; 39.8 and 67.7% for increasing levels of saccharina in the diet). Concomitantly, faecal flow of free or total fatty acids decreased when saccharina level was increased in the diet (4.4 and 13.3; 3.8 and 10.9; 3.1 and 9.4; 1.5 and 9.7g/day respectively). Faecal flow of total fatty acids diminished when saccharina level augmented, from 69.8% to 49.8% of total faecal fat excreted daily.

Although in diets based on cereals and saccharina the contribution of fat is not important from the point of view of energy metabolism, absorbability of liposoluble vitamins could be affected by a change in the digestion of fat such as that observed in the herein described feed conditions in pigs.

Key words: pigs, fat, fatty acids, digestibility, sugar cane

Short title: Fat digestibility in pigs fed on sugar cane meal

INTRODUCCION

El examen de los procesos digestivos relacionados con la utilización de lípidos no es común en cerdos alimentados con mieles de caña como principal fuente de energía, puesto que las melazas carecen de grasa en su composición. Desde otro

ángulo, en dietas que contienen azúcares simples como los constituyentes de las mieles, la digestibilidad rectal de grasas parece ser negativa, debido a la excreción endógena de grasa (Marrero y Ly 1977; Ly 1990). Este fenómeno es probablemente el mismo que puede ocurrir cuando los animales comen dietas con grandes contenidos de caña de

azúcar en forma de harina (Ly 1999; Ly et al 1991; Ly y Castro 1995).

La digestión de grasas en el cerdo ha sido examinado en distintas ocasiones (Fernández et al 2006). Ya parece ser práctica común el tener en cuenta que la digestibilidad de grasas puede ser sumamente impreciso, si no se tiene en cuenta durante el proceso analítico, el separar los ácidos grasos de sus sales, predominantemente las de calcio, a fin de que puedan ser extraídos con los solventes orgánicos (Stoldt 1952, 1957). Este procedimiento puede ser acometido de distintas maneras (Toullec et al 1968; Thorbek y Henckel 1977; Skuhija y Palmquist 1988; Jorgensen y Fernández 2000; Jorgensen et al 2000; Duran-Montg e et al 2007). En nuestro laboratorio, se ha aplicado en distintas ocasiones la técnica originalmente informada por Bayley y Lewis (1965a,b), consistente en la hidrólisis y extracción simultánea de la grasa fecal mediante el uso de una mezcla de ácido acético glacial y éter de petróleo de bajo punto de ebullición (Ly y Avila 1990; Ly et al 1990). Este método parece ser muy eficiente, y probablemente incurre en menos errores de imprecisión y exactitud en la determinación de grasa fecal, y por extensión, en el cálculo de la digestibilidad aparente de la grasa cruda en el recto, debido a una menor manipulación de las muestras. Por otra parte, el procedimiento original de Bayley y Lewis (1965) ha sido utilizado con éxito para determinar la digestibilidad de grasa cruda en cerdos alimentados con dietas tropicales, no convencionales como las formuladas con semillas de caucho (Ly et al 2001).

El objetivo del presente experimento fue caracterizar el cuadro digestivo de la grasa cruda a nivel rectal, mediante la aplicación de un nuevo esquema analítico, en cerdos alimentados con niveles variables de harina de caña biotransformada.

MATERIALES Y METODOS

Se usaron ocho cerdos machos castrados con un peso vivo promedio de 30 kg al inicio de la prueba. Los animales fueron distribuidos al azar en cuatro dietas en las que la harina de trigo fue sustituida progresivamente por saccharina. La saccharina es harina de cañas enriquecidas con N por fermentación en fase sólida (ver Ly et al 1991). El diseño experimental fue un doble cuadrado latino 4x4. Las características de las dietas experimentales se presentan en la tabla 1. Como hecho interesante, la grasa esterificada pasó de 33.6 hasta 50.9% de la grasa total, en dietas de harina de trigo, sin saccharina, o con 60% de saccharina, debido al alto contenido de grasa esterificada en este producto de la caña de azúcar: 33.7% de la grasa total en este experimento.

Los cerdos fueron adaptados a las dietas experimentales durante siete días, y durante ese tiempo, fueron alojados individualmente en corrales de un establo sin paredes. A partir de ese momento, los cerdos fueron trasladados a jaulas de metabolismo durante otros siete días, de los cuales los dos primeros se dedicaron a un período de adaptación y los restantes cinco a la recogida cuantitativa de las excretas. El nivel de consumo de alimento fue de 0.1 kg MS/kg^{0.75} mientras que el agua de bebida siempre estuvo disponible.

La determinación de la composición química de las dietas, así como el material seco fecal, se realizó mediante procedimientos establecidos (AOAC 1990), mientras que la

fracción de grasa cruda en alimentos y heces fecales se realizó a partir de las recomendaciones de Bayley y Lewis (1965) de acuerdo con lo informado por Ly et al (1991), a partir del esquema analítico propuesto por Cheyne (1964) para la cuantificación de la grasa fecal. Brevemente, las muestras secas y molidas fueron sometidas a una extracción en aparatos Soxhlet durante 16 horas con éter de petróleo con un rango de ebullición de 40-60 C o con este solvente mezclado con ácido acético glacial en la proporción 9:1 en volumen, con el fin de determinar la grasa cruda fecal neutra o total. La diferencia entre la grasa cruda total y la grasa cruda neutra fue denominada grasa cruda esterificada. El extracto  tereo fecal que se obtuvo por ambos procedimientos fue disuelto en 50 mL de etanol y se valor  con solución alcohólica de KOH 0.05 N hasta viraje de fenolftaleína. De esta manera se pudo cuantificar el total de ácidos grasos libres y el de ácidos grasos totales, expresados como ácido esteárico. La diferencia entre ambas fracciones fue considerada como el total de ácidos grasos esterificados.

Tabla 1. Características de las dietas de cereales y saccharina (% en base seca)

	Saccharina en dieta, %			
	0	20	40	60
Ingredientes				
Harina de trigo	75.8	55.5	35.3	2.4
Harina de maíz	-	-	-	12.0
Saccharina	-	20.0	40.0	60.0
Miel de caña B	8.1	8.0	8.0	8.0
Harina de soya	6.5	6.7	6.7	7.3
Levadura	5.0	5.0	5.0	5.0
CaCO ₃	1.5	1.5	1.5	1.5
CaPO ₄ .2H ₂ O	2.1	2.3	2.5	2.8
Vitaminas ¹	0.5	0.5	0.5	0.5
Minerales ¹	0.5	0.5	0.5	0.5
Análisis				
Materia seca	91.22	91.21	90.53	90.94
Cenizas	7.52	7.04	7.00	8.51
Materia orgánica	92.48	92.96	93.00	91.49
Fibra cruda	6.02	13.53	18.90	24.24
FDN	12.32	24.20	32.13	42.34
N	2.78	3.18	3.15	3.42
Grasa cruda				
Neutra	1.80	1.46	1.27	0.92
Esterificada	0.91	1.11	1.18	1.16
Total	2.71	2.57	2.45	2.28

¹ Según NRC (1998)

Las medias fueron separadas mediante un análisis de varianza (Steel et al 1997). En el caso de que se hallaran diferencias significativas (P<0.05) entre tratamientos, las medias fueron separadas mediante la prueba de rango múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

El consumo de grasa disminuyó debido al bajo contenido de grasa total o neutra (tabla 2) en la saccharina (1.87 y 0.63% respectivamente en base seca).

El nivel de saccharina dietética tuvo más influencia en la digestibilidad de la grasa total (P<0.01) que en la de la grasa neutra, que no fue significativa (P>0.10), con valores respectivos de 56.1 y 71.0; 51.4 y 66.1; 47.2 y 63.7; 39.8 y

67.7% para niveles crecientes de saccharina en dieta. Como consecuencia directa, se encontró que el por ciento de ácidos grasos libres o totales disminuyó al incluir gradualmente más saccharina en el alimento, desde 1.66 y 4.94% en la dieta de cereales, hasta 0.26 y 1.58% con 60% de saccharina en la dieta. Concomitantemente, el flujo fecal de ácidos grasos libres o totales decreció con la elevación del nivel de saccharina en dieta (4.4 y 13.3; 3.8 y 10.9; 3.1 y 9.4; 1.5 y 9.7 g/día en ese orden). El flujo fecal del total de ácidos grasos disminuyó con el nivel de saccharina desde el 69.8% hasta el 49.8% del total de grasa fecal excretada diariamente.

Tabla 2. Grasa cruda fecal en cerdos alimentados con dietas de saccharina (% en base seca)

	Saccharina en dieta, %				EE ±
	0	20	40	60	
Grasa cruda					
Neutra	3.02 ^a	2.05 ^{ab}	1.48 ^b	0.90 ^b	0.41**
Esterificada	4.06 ^a	3.02 ^{ab}	2.19 ^b	2.27 ^b	0.41*
Total	7.08 ^a	5.07 ^b	3.67 ^{bc}	3.17 ^c	0.58**
Ácidos grasos¹					
Libres	1.66 ^a	0.94 ^{ab}	0.77 ^{ab}	0.26 ^b	0.29*
Esterificados	3.38 ^a	1.92 ^b	1.55 ^b	1.32 ^b	0.34**
Totales	4.94 ^a	2.86 ^b	2.32 ^b	1.58 ^b	0.46**

¹Equivalentes a ácido esteárico

* P<0.05; ** P<0.01

^{abc} Medias sin letra en común en la misma fila son distintas entre sí (P<0.05)

Estos resultados fueron el reflejo de determinar el contenido de grasa cruda mediante hidrólisis o no de las excretas de los cerdos. De hecho, la grasa esterificada representó el 57.3, 59.6, 59.7 y 71.6% del total de grasa extraída, en tratamientos donde la dieta contenía cada vez más saccharina. Igualmente, los ácidos grasos esterificados fueron 68.4, 67.1, 66.8 y 83.5% del total de ácidos grasos extraídos.

La digestibilidad rectal de grasa total obviamente fue superior (P<0.001) a la de grasa neutra en cualquiera de los tratamientos examinados (tabla 3).

Tabla 3. Balance digestivo de grasa cruda en cerdos alimentados con dietas de saccharina

	Saccharina en dieta, %				EE ±
	0	20	40	60	
Balance de grasa neutra, g/día					
Consumo	29.1 ^a	23.5 ^b	20.3 ^c	14.8 ^d	0.5***
Excreción fecal	8.8	7.8	7.2	4.9	1.3
Digestión	20.7 ^a	15.7 ^b	13.1 ^c	9.9 ^d	1.4***
Digestibilidad, %	71.0	66.1	63.7	67.7	4.8
Balance de grasa total, g/día					
Consumo	44.4 ^a	40.0 ^{ab}	39.2 ^b	30.3 ^c	2.4**
Excreción fecal	19.6	19.7	20.7	18.3	2.6
Digestión	24.8 ^a	21.0 ^{ab}	18.5 ^b	12.0 ^c	2.9*
Digestibilidad, %	56.1 ^a	51.4 ^{ab}	47.2 ^{ab}	39.8 ^b	4.1**

* P<0.05; ** P<0.01 *** P<0.001

^{abcd} Medias sin letra en común en la misma línea son significativamente (P<0.05) distintas entre sí

Como promedio general, la digestibilidad rectal de la grasa neutra representó solamente el 72.4% de la grasa total. Por otra parte, no se halló efecto significativo (P>0.05) de

tratamiento, entre las distintas medias de digestibilidad de grasa neutra. En cambio, la digestibilidad de grasa total fue significativamente diferente (P<0.01) entre tratamientos, con valores que fueron cayendo desde 56.1 hasta 39.8% a medida que la inclusión de saccharina en dieta fue mayor.

Se halló que la digestibilidad de grasa total estuvo altamente correlacionada (P<0.001) con la digestibilidad de grasa neutra (tabla 4). Por otra parte, el nivel dietético de saccharina influyó negativamente (P<0.05) la digestibilidad de la grasa total, pero lo mismo no fue cierto para la digestibilidad de la grasa neutra.

Tabla 4. Matriz de correlación de Pearson para índices de digestión de grasa en cerdos

	SACH	DGT
DGT	- 0.324	
DGN	- 0.087	0.547

SACH, DGT y DGN expresan nivel dietético de saccharina, digestibilidad de grasa total y digestibilidad de grasa neutra respectivamente
 P<0.05 para r>0.300

Los datos de esta investigación están en línea con lo generalmente aceptado en cuanto a la diferencia que se suele hallar en la digestibilidad rectal de grasa total y grasa neutra. La magnitud de esta diferencia es la que puede variar, de acuerdo con el tipo de dieta y la forma de alimentación de los cerdos, tal como se ha hallado en otras evaluaciones (Bayley y Lewis 1965b; Touleec et al 1968; Thorbek y Henckel 1977; Steingass et al 1986; Averette Gatlin et al 2005; Duran-Montgé et al 2007).

Aunque en dietas de cereales y saccharina el aporte de grasa es poco importante desde el punto de vista del metabolismo energético, la absorbabilidad de vitaminas liposolubles pudiera estar influida por un cambio en la digestión de grasa como el que puede ocurrir en estas condiciones de alimentación de los cerdos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las autoridades del Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, por el suministro de la saccharina utilizada en el presente experimento. Igualmente se expresan gracias a los técnicos del Instituto por el cuidado de los animales y la ejecución de los procedimientos analíticos empleados.

REFERENCIAS

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemists (15th edition). Washington, District of Columbia, pp 1094

Averette Gatlin, L., See, M.T. y Odle, J. 2005. Effects of chemical hydrogenation of supplemental fat on relative apparent lipid digestibility in finishing swine. Journal of Animal Science, 83:1890-1898

- Bailey, H.S. y Lewis, D. 1965a. The use of fats in pig feeding. I. Pig faecal not of immediate origin. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, 64:367-3
- Bailey, H.S. y Lewis, D. 1965b. The use of fats in pig feeding. II. The digestibility of various fats and fatty acids. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, 64:367-372
- Cheyne, G.A. 1964. *Techniques in Chemical Pathology*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, pp
- Durán-Montgé, P., Lizardo, R., Torrallardona, D. y Esteve-García, E. 2007. Fat and fatty acid digestibility of different fat sources in growing pigs. *Livestock Science*, 109:66-69
- Fernández, J.A., Jorgensen, H. y Ly, J. 2006. Una reseña corta sobre la digestibilidad de lípidos en cerdos con especial referencia a la grasa de palma y de coco. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 13:95-99
- Jorgensen, H. y Fernández, J.A. 2000. Chemical composition and energy value of different fat sources for growing pigs. *Acta Agrícola Scandinavica. Section A. Animal Science*, 50:129-136
- Jorgensen, H., Gubert, V.M., Hedemann, M.S. y Jensen, S.K. 2000. Digestion of fat does not differ in growing pigs fed diets containing fish oil, rapeseed oil or coconut oil. *The Journal of Nutrition*, 130:852-857
- Ly, J. 1990. Flujo de grasa y AGV en la digesta de cerdos alimentados con dietas de sacarosa, fructosa y glucosa. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 24:77-83
- Ly, J. 1999. Evaluación de la proteína y energía de la Saccharina en cerdos ileorrectostomizados. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 33:57-64
- Ly, J. y Avila, E. 1990. Una aproximación a la determinación cuantitativa del extracto etéreo en muestras de desperdicios procesados. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie Ganado Porcino*, 13(2):81-88
- Ly, J., Avila, E. y Mederos, C.M. 1990. Efecto del método de determinación de la digestibilidad de grasa cruda en cerdos. Dietas con bajo nivel de extracto etéreo. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie Ganado Porcino*, 13(2):69-79
- Ly, J., Chhay Ty y Chiev Phiny. 2001. Evaluation of nutrients of rubber seed meal in Mong Cai pigs. *Livestock Research for Rural Development*, 13(2): versión electrónica disponible in <http://www.cipav.org/lrrd/lrrd13/2/ly132.html>
- Ly, J., Lezcano, P., Castro, M., Díaz, C.P. y Díaz, J. 1991. Levels of saccharina and N and energy balance in pigs fed cereal diets. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 25:177-181
- Ly, J. y Castro, M. 1995. Studies on the utilization of different types of saccharina for pigs. N and energy balance. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 29:191-195
- Marrero, L. y Ly, J. 1977. An approach to water metabolism in pigs fed high levels of cane final molasses. 1. Main routes of water excretion and digestibility of the proximal nutrients. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 11:39-46
- NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Farm Animals. Nutrient Requirement of Swine*. National Academy Press. Washington. Distrito Federal de Columbia, pp 119
- Skuhija, P.S. y Palmquist, D.L. 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36:1202-1206
- Steel, R.G.W., Torrie, J.H. y Dickey, M. 1997. *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*. MacGraw-Hill Book Company Incompany (third edition). New York, pp 666
- Steingass, H., Graff, C. y Menke, K.H. 1986. Einfluss der Fettbestimmungsmethode auf die scheinbare Verdaulichkeit und der energetischen Futterwert von Futtermitteln für Wiederkauer und Schwein. *Landwirtschaftlichen Forschung*, 39:206-214
- Stoldt, W. 1952. Vorschlag zur Vereinheitlichung der Fettbestimmung in Lebensmitteln. *Fette Seifen*, 54:205-207
- Stoldt, W. 1957. Mitteilung der Fachgruppe Futtermitteluntersuhungen. *Landwirtschaftlichen Forschung*, 10:273-275
- Thorbeck, G. y Henckel, S. 1977. Apparent digestibility of crude fat determined in trials with calves and pigs in relation to analytical methods applied. *Zeitschrifts für Tierphysiologie, Tierernahrung und Futtermittelkunde*, 39:48-55
- Toullec, R., Flanzly, J. y Rigaud, J. 1968. Dosage des lipids des feces. Extraction séparée, importance et composition en acides gras des lipids non saponifiés et de ceux complexes insolubles. *Annals de Biologie Animal, Biochimie, Biophysique*, 8:281-289