

Capítulo 23

Manejo de la calidad de la grasa del cerdo cuando se alimentan cantidades altas de DDGS a porcinos en crecimiento y finalización#

Introducción

Durante muchos años se ha sabido de los efectos de la dieta sobre la firmeza de la grasa del cerdo. En 1926, los investigadores del Departamento de Agricultura de EUA demostraron que la alimentación de dietas con cacahuates (maní) o soya disminuían dramáticamente la firmeza de la grasa de la canal de cerdos, en comparación con los que se alimentaban con dietas a base de maíz (Ellis e Isbell, 1926). Sin embargo, hasta hace poco, la relación entre la dieta y la firmeza de la grasa no había sido de gran preocupación para la industria porcina, pero con las reducciones substanciales de los costos de los alimentos que resultan de alimentar niveles altos de DDGS (> 30%) en cerdos de crecimiento y finalización, la grasa suave de la canal se ha convertido en un problema importante en muchos países y mercados.

La firmeza de la grasa porcina es una característica importante de la calidad general del cerdo, la cual está directamente controlada por la composición de ácidos grasos de la grasa, que además afecta de forma importante la vida de anaquel y el sabor de la carne de cerdo (Wood et al., 2003). Además de la calidad de la carne de cerdo, también influye la composición de ácidos grasos de la grasa del cerdo sobre las características de procesamiento. La grasa suave quizás no tenga la rigidez necesaria para rebanar el tocino a alta velocidad y de forma eficiente, además de que puede hacer más lentas las otras actividades de procesamiento. En consecuencia, los procesadores de cerdo prefieren la grasa firme en los productos, lo que significa que la grasa debe estar relativamente alta en ácidos grasos saturados. En contraste, muchos consumidores desean reducir el consumo de grasas saturadas y por lo tanto, prefieren por lo general la grasa con cantidades elevadas de ácidos grasos insaturados que hacen la grasa más suave. Como resultado, es un desafío el manejo de la calidad de la grasa del cerdo debido a las exigencias conflictivas que se infligen sobre la industria porcina.

Biología de la firmeza de la grasa del cerdo

La firmeza de la grasa del cerdo está directamente relacionada con la relación de ácidos grasos saturados (AGS) y poliinsaturados (PUFA) que tiene la grasa (Wood et al., 2003). La relación de PUFA a AGS comúnmente se conoce como el valor de yodo (IV), que se basa en el procedimiento del laboratorio que utiliza yodo para medir el número de dobles ligaduras (grado de insaturación) en las grasas y aceites. Las grasas que contienen una alta proporción de AGS (ácidos grasos que no contienen dobles ligaduras) son sólidas a temperatura ambiente y tienen un IV relativamente bajo. Conforme aumenta el grado de insaturación (presencia de dobles ligaduras) en los ácidos grasos, disminuye el punto de fusión, aumenta el IV y las grasas se hacen líquidas a temperatura ambiente. Por lo tanto, conforme aumenta el IV, la grasa de

cerdo se hace cada vez más suave. En la grasa de cerdo, el IV y la firmeza de la grasa resultante se ven ampliamente influidos por la relación de ácido linoleico a ácido esteárico (Wood et al., 2003; Nishioka y Irie, 2006). Hugo y Roodt (2007) revisaron los estudios científicos de varios investigadores e indicaron que se logra una firmeza aceptable de la grasa del cerdo cuando contiene de 12 a 15% de ácido linoleico y más del 41% de ácidos grasos saturados.

La composición de los ácidos grasos de la grasa de cerdo resulta de la cantidad y composición de grasa dietética, así como de la síntesis de ácidos grasos endógenos. Los ácidos grasos obtenidos de la dieta se depositan en el organismo del cerdo sin alteraciones, mientras que la síntesis endógena está compuesta principalmente de ácidos grasos saturados. Por lo tanto, la grasa de la canal de los cerdos va a reflejar el perfil de ácidos grasos de la grasa de la dieta (Ellis y Isbell, 1926; Averette Gatlin et al., 2002; Jackson et al., 2009), modificado por la síntesis de ácidos grasos endógenos. Los cerdos genéticamente magros con bajas cantidades de grasa de la canal y que se alimentan con dietas que contienen una alta proporción de PUFA van a tender a poseer grasas más suaves que los que sean mayormente propensos a la acumulación de grasa alimentados con dietas similares, porque los cerdos magros tienen una menor síntesis de ácidos grasos endógenos. El aumento en la concentración de la grasa de la dieta disminuye la síntesis de grasa de novo en cerdos (Azain et al., 2004) lo que causa una mayor influencia de la grasa de la dieta en la composición de la grasa de la canal.

¿Cómo se mide la firmeza de la grasa de cerdo?

Se han evaluado varias mediciones físicas para cuantificar la firmeza de la grasa del cerdo, entre las que se incluyen las pruebas de compresión de Instron, Durometer, el medidor de Firmeza y el Penetrómetro, pero su precisión ha producido resultados mezclados (Apple et al., 2010). La prueba de flexión del abdomen se ha utilizado ampliamente para medir el grado de flexibilidad demostrado por el abdomen del cerdo que está suspendido en un palo elevado (Thiel-Cooper et al., 2001; Rentfrow et al., 2003; Whitney et al., 2006). Un abdomen que demuestra una flexibilidad mínima es indicativo de una grasa firme. Sin embargo, otros factores tales como el grosor del abdomen, la temperatura del mismo, orientación en el palo (que el lado de la piel esté hacia arriba o hacia abajo) y el contenido de humedad pueden influir en los resultados (Apple et al., 2010).

El valor de yodo (IV) es una medición química de la relación de ácidos grasos insaturados a los saturados, la cual es una de las mediciones más comunes de la firmeza de la grasa del cerdo. El valor de yodo se puede medir directamente en el laboratorio, pero es más común que se calcule de la composición de ácidos grasos de una muestra de grasa con una ecuación de predicción (AOCS, 1998). El IV típico de la grasa de cerdo puede ir de 55 a 95, en lo que los valores mayores indican una grasa más suave. Recientemente, Apple (2010) cuestionó la precisión del IV en la cuantificación de la firmeza de la grasa, porque los ácidos grasos de cadena más larga no están incluidos en la ecuación desarrollada por AOCS (1998). Meadus et al. (2010) incluyeron siete ácidos grasos de cadena larga adicionales al calcular el IV, de tal manera que parece que esta ecuación proporciona una mejor predicción de la firmeza de la grasa, aunque esto se necesita validar.

Actualmente, no hay métodos precisos, baratos y rápidos para determinar la firmeza de la grasa del cerdo en las instalaciones comerciales de procesamiento. En consecuencia, es difícil diferenciar cuantitativamente las canales de cerdo con base en la firmeza de la grasa.

¿Dónde debe medirse la firmeza de la grasa?

Los cerdos depositan la grasa en varias partes del organismo, además de que hay diferencias en la composición de ácidos grasos entre estos depósitos que pueden influenciar la evaluación de la firmeza, si sólo se muestrea un sólo lugar. Cromwell et al. (2011) demostraron que la capa interna de la grasa dorsal del cerdo contiene un porcentaje más alto de AGS y una concentración más baja de PUFA, en comparación con la capa externa de esta misma grasa. Wiegand et al. (2011) encontraron correlaciones débiles e inconstantes del IV entre los cuatro depósitos de grasa de cerdos alimentados con dietas que variaban en concentraciones de energía, con o sin ractopamina. Indicaron que el IV de la grasa del cachete no es un buen indicador del IV de la grasa del abdomen, porque se recolectaron los cerdos con pesos corporales similares, pero con diferentes madures fisiológicas. Sin embargo, otros han notificado IV más constante entre los depósitos de grasa. Si se recolectan las capas internas y externas de la grasa dorsal como una muestra no segregada, el IV es muy similar al de la grasa del abdomen (Averette Gatlin et al., 2003; Jacela et al., 2011). En contraste, Xu et al. (2010b) encontraron que el IV de la grasa dorsal es menor al de la grasa del abdomen, pero estos dos cálculos se hicieron muy similares al aumentar el IV de la canal. Leick et al. (2010) notificaron IV, ácidos grasos monoinsaturados totales (MUFA), PUFA totales y la relación de MUFA a PUFA de la grasa del cachete como significativamente correlacionadas a los de la grasa del abdomen. En su estudio, la grasa del cachete subestimaba el IV de la grasa del abdomen en alrededor de un 5%, pero Jacela et al. (2011) encontraron que el IV de la grasa del cachete era esencialmente el mismo que el del abdomen. Debido a que la grasa del abdomen es difícil de muestrear directamente sin dañarla, parece que tanto la grasa dorsal como la del cachete proporcionan cálculos razonables de la firmeza de la grasa del abdomen, si se tiene en cuenta que el cachete puede ligeramente subestimar el IV de la grasa del abdomen.

Factores genéticos y de manejo que afectan la firmeza de la grasa del cerdo

Mejoramiento genético de los cerdos

La grasa de la canal de las líneas genéticas modernas de hoy en día, es significativamente menor a la de los cerdos de hace 10 o 15 años. Los genotipos altamente magros disminuyeron la síntesis de ácidos grasos de novo, que es principalmente grasa saturada, lo que resulta en una canal con una composición de grasa que refleja más de cerca la composición de la grasa de la dieta. Si la grasa de la dieta se suministra con fuentes de aceite vegetal que son altas en ácidos grasos poliinsaturados, más que grasas animales, la grasa de la canal se va hacer más suave.

Sexo

Las primerizas presentan canales más magras que las canales de los cerdos castrados del mismo peso y madurez fisiológica. Como resultado, las cerdas primerizas alimentadas con dietas que contienen altas concentraciones de PUFA generalmente tienen un IV mayor que las canales de los cerdos castrados.

Factores de manejo

En general, las condiciones de alojamiento que reducen el consumo de alimento, tales como un espacio reducido, alimentación limitada y temperaturas ambientales altas a menudo reducen la grasa de la canal. Conforme se reduce la grasa de la canal, aumenta el impacto de la composición de los ácidos grasos de la dieta sobre el IV del cerdo.

Efectos de los DDGS sobre la calidad de la carne de cerdo

La adición de DDGS a las dietas de crecimiento - finalización no afecta la calidad del músculo, características de consumo y vida de anaquel de la carne de cerdo, pero puede afectar negativamente la calidad de la grasa de esta carne y del abdomen, en especial en niveles de inclusión altos (> 20%) (Xu et al., 2010a). La inclusión de DDGS en dietas para cerdos en crecimiento - finalización claramente disminuye la firmeza de la grasa y aumenta la flexibilidad o suavidad de los abdómenes de cerdos (Stein y Shurson, 2009). Esta respuesta se debe principalmente a la concentración alta (58%) de ácido linoleico (C18:2) en el aceite de maíz presente en los DDGS. El aumento a las concentraciones de los DDGS en las dietas de cerdos en finalización de hasta 30% (Xu et al., 2010b) o 45% (Cromwell et al., 2011) resulta en aumentos lineales del IV de la grasa de la canal y el contenido del ácido linoleico de la grasa de la canal, en coincidencia con la disminución lineal de la firmeza del abdomen. De la misma forma, Widmer et al. (2008) encontraron una disminución de la firmeza del abdomen cuando las dietas contenían 20%, pero no 10% de DDGS.

Estrategias de alimentación y formulación para minimizar los efectos de los DDGS en la calidad de la grasa del cerdo

Retiro o reducción del nivel de DDGS de la dieta al final del periodo de finalización

Para poder minimizar los efectos negativos de alimentar niveles altos en la dieta de DDGS sobre la firmeza de la grasa del cerdo, la estrategia más práctica es eliminar o reducir significativamente la cantidad de DDGS en la dieta durante la última parte de la fase de

finalización. Xu et al. (2010b) mostraron que la alimentación de dietas con 30% de DDGS hasta 3 semanas antes del sacrificio y luego el retiro de la dieta, resultó en una grasa dorsal y del abdomen con un IV menor a 70, lo cual se considera aceptable bajo las normas actuales de la industria porcina de EUA. Hill et al. (2008) mostraron resultados similares. También se puede hacer abruptamente un retiro total de los DDGS de la dieta, ya que parece que no hay efectos nocivos de este cambio dietético repentino sobre el desempeño de los cerdos (Hilbrands et al., 2009; 2011).

El tejido adiposo en cerdos es dinámico, debido a que las grasas continuamente se depositan y movilizan, en función del estado fisiológico del cerdo. Este alto grado de actividad del tejido adiposo permite cambios más bien rápidos en la composición de la grasa en el tejido adiposo. Wood et al. (1994) indicaron que la mayoría del cambio en la composición de ácidos grasos del tejido adiposo se da a los 25 días del cambio de la dieta. De la misma forma, el IV de la grasa abdominal disminuyó 5% en sólo 21 días después de que se eliminaron los DDGS de la dieta de cerdos en finalización (Xu et al., 2010a). Warnants et al. (1999) notificaron cambios incluso más rápidos, cuando notaron que alrededor del 50% del cambio en la incorporación de ácido linoleico en la grasa dorsal se daba 14 días después del cambio en la dieta de 2.5% de sebo a 15% de soya integral. A las 6 semanas del cambio de la dieta se logró un nivel constante en la composición de los ácidos grasos de la grasa dorsal. De la misma forma, Averette Gatlin et al. (2002) concluyeron que se pueden lograr cambios significativos en la composición de ácidos grasos y el IV de la grasa en cerdos, en tan solo 6 semanas.

Por lo tanto, los cambios de la dieta en la composición de la grasa de 3 a 6 semanas antes del sacrificio, tienen influencia significativa en la composición y firmeza de la grasa en las canales de cerdo. La eliminación completa de la grasa suplementaria de la dieta o de ingredientes altos en grasa va a tener los efectos más significativos. El cambio de una dieta con una concentración relativamente alta de grasa insaturada a una con más grasa saturada o la reducción de la concentración de grasa insaturada va a cambiar la composición de la grasa de la canal, pero quizás no se logre el grado de dureza que se desea.

Alimentación de los DDGS reducidos en aceite

Al haber un número importante de plantas de etanol en EUA que extraen el aceite de los DDGS, la alimentación de una fuente de DDGS baja en grasa (de 3 a 9% de grasa cruda) en comparación con las fuentes tradicionales de DDGS (de 10 a 12 % de grasa cruda) puede disminuir el contenido de PUFA de la grasa abdominal y aumentar la firmeza de los abdómenes de cerdos en finalización (Dahlen et al., 2011). Sin embargo, también se reduce el contenido de la energía metabolizable (EM) de los DDGS cuando se elimina una porción del aceite, lo que hace que sea una fuente energética menos valiosa en la dieta. En otro estudio, Jacela et al. (2011) no observaron disminuciones similares en el contenido de PUFA de la grasa abdominal cuando alimentaron DDGS reducidos en aceite (3.5% de grasa cruda), pero suplementaron las dietas con grasa blanca de primera para estandarizar la densidad energética, lo que muy probablemente influyó sobre la composición de ácidos grasos de la canal.

Formulación de dietas con base en el Producto de Valor de Yodo (IVP)

El concepto del producto de valor de yodo (PVI) es una estrategia de formulación de alimentos que se usa con cierto éxito para manejar la calidad de la grasa de cerdo. Fue desarrollada por Madsen et al. (1992) y se basa en el concepto de que si se conocen el IV de la dieta y la canal, se pueden hacer ajustes en la formulación de la dieta para acercarse más al IV objetivo de la grasa de la canal. El valor del producto de yodo implica el cálculo que incluye la cantidad de grasa y el IV de la grasa de cada ingrediente de la dieta para cumplir la especificación de IV de la dieta final deseada. Este método de formulación lo revisó más tarde Boyd et al. (1997), en el que el IV de la grasa es $= 0.32 (\text{IVP}) + 52.4$ y $\text{IVP} = \text{IV del aceite de la dieta} \times \% \text{ del aceite de la dieta} \times 0.1$. El uso del IVP no siempre resulta en el IV final de la canal deseado, porque hay varios factores que confunden, como la tasa de crecimiento, la genética y la salud, que probablemente subestimen el impacto del ácido linoleico sobre la firmeza de la grasa del cerdo. El IVP de los DDGS de maíz es bastante alto (112) en comparación con el maíz (47), cebada (23), trigo (23) y harina de soya (18). Por lo tanto, el uso del PVY en la formulación de la dieta es otra herramienta que puede ayudar a manejar las preocupaciones de la calidad de la grasa del cerdo cuando se alimentan dietas con DDGS a cerdos en crecimiento y finalización. Cast (2010) indicó que el IVP no es un número absoluto, pero que puede usarse para guiar el mejoramiento del IV de la grasa de la canal. Sugirió de que uno debe conocer el IVP de las dietas actuales que se alimentan y el IV resultante del depósito de grasa objetivo. Con esta información, se pueden reformular las dietas para lograr un IV menor y luego monitorear los efectos sobre el IV de la grasa de la canal. Este método es específico a la granja pero puede ser útil.

Uso alternativo de granos en las dietas de finalización

La selección de los granos a utilizarse en las dietas de finalización puede influir sobre la firmeza de la grasa del cerdo. Lampe et al. (2006) compararon dietas de maíz y cebada para cerdos en finalización y encontraron que las dietas de cebada reducen significativamente los PUFA y aumentan el contenido de AGS de la grasa subcutánea, lo que resulta en una reducción del IV de alrededor de 4 unidades. La alimentación de cerdos en crecimiento - finalización con dietas a base de trigo y cebada resulta en IV más bajo en la grasa del cerdo que cuando se alimentan con dietas de maíz y harina de soya. Beltranena et al. (2009) mostraron que el IV de la grasa del cerdo con dietas del oeste de Canadá (trigo, cebada y harina de canola) es más bajo, en comparación con las dietas a base de maíz y harina de soya de EUA, y que el retiro de los DDGS del maíz de las dietas a base de trigo y cebada es una buena estrategia para reducir el IV de la grasa del cerdo, en comparación con la alimentación continua del 30% de DDGS. Benz et al. (2011) encontraron que las dietas de finalización a base de sorgo reducen el IV de la grasa de los cachetes y dorsal en aproximadamente 2 unidades en comparación con la dieta a base de maíz. En contraste, no se encontraron diferencias en la composición de los ácidos grasos o el IV de la grasa de la canal cuando Carr et al. (2005) compararon dietas porcinas de maíz, trigo y cebada. Han et al. (2005) también informaron que no había diferencias en la composición de ácidos grasos de la grasa dorsal cuando alimentaban dietas a base de maíz o trigo. Parece ser que puede haber efectos benéficos sobre la firmeza de la grasa cuando se

sustituye el maíz en la dieta con otros granos con contenido del ácido linoleico más bajo, aunque no siempre se observa esta respuesta.

Adición de grasas saturadas a las dietas con DDGS

La adición de más grasas animales saturadas a las dietas con DDGS ha resultado en respuestas inconsistentes en la calidad de la grasa del cerdo. Stevens et al. (2009) mostraron que la alimentación de dietas con maíz, harina de soya y DDGS, con o sin 5% de grasa blanca de primera (grasa de cerdo) durante el programa de retiro de DDGS de 26 días, resultó en una recuperación parcial de algunos de los efectos adversos sobre la calidad de la grasa del cerdo causados por el aumento en el ácido linoleico contribuido por los DDGS. Sin embargo, indicaron que se requiere de un periodo más largo de retiro de los DDGS para terminar la recuperación de la calidad de la grasa del cerdo. La adición de una fuente de grasa seca animal (4% de la dieta) alta en ácidos grasos saturados (70%) no alivió el incremento en el IV resultante de la adición del 30% de DDGS a la dieta (Freitas et al., 2009). Esto muy probablemente se debía a la baja digestibilidad de las grasas saturadas utilizadas en el estudio. Recientemente, las investigaciones de la University of Minnesota (Pomeroy et al., 2011) mostraron que la adición de 5% de sebo a las dietas con 30% de DDGS no mejoró la firmeza abdominal. Con base en los resultados de estos estudios, necesitamos aprender más acerca de la digestibilidad de los ácidos grasos de diversas fuentes de grasa, con la finalidad de entender cómo pueden o no tener impacto sobre la calidad de la grasa del cerdo en animales alimentados con dietas con DDGS.

Alimentación del ácido linoleico conjugado (ALC)

El ácido linoleico conjugado está aprobado para su uso en dietas porcinas de crecimiento - finalización en EUA, el cual puede influenciar la cantidad y composición de la grasa depositada por los cerdos. El ALC de la dieta en concentraciones entre 0.12 y 0.6% disminuye de forma significativa la profundidad de la grasa dorsal en la décima costilla de los cerdos al sacrificio (Thiel-Cooper et al., 2001; Weber et al., 2006). Además, el ALC de la dieta disminuye el IV de la grasa del cerdo (Thiel-Cooper et al., 2001; Dugan et al., 2004; Weber et al., 2006; White et al., 2009). Estos cambios en la composición de ácidos grasos de la grasa de cerdo se dan porque el ALC suprime la actividad de las enzimas desaturasas que están involucradas en la síntesis de ácidos grasos insaturados (Smith et al., 2002). Como resultado de los cambios de la actividad enzimática y composición de los ácidos grasos, el ALC incrementa la firmeza del abdomen del cerdo cuando está en la dieta de 0.50 a 1.0% (Thiel-Cooper et al., 2001; Weber et al., 2006; Larsen et al., 2009).

El mejoramiento consistente de la firmeza de la grasa por la alimentación de ALC indica una aplicación particular para su uso en dietas que contienen altos niveles de DDGS. White et al. (2009) alimentaron cerdos con 0, 20 o 40% de DDGS con o sin 0.6% de ALC; no encontraron interacciones entre los DDGS y el ALC en cuanto a las medidas de la firmeza de la grasa, lo que indica que este ácido graso tiene los mismos efectos, sin importar el contenido de DDGS de la dieta. Además, estos investigadores encontraron que el ALC podría revertir parcialmente

los efectos negativos de los DDGS sobre la dureza de la grasa. Más recientemente, Ochoa et al. (2010) alimentaron cerdos castrados con 0 o 30% de DDGS en dietas con 0, 0.5 o 1.0% de ALC. Tampoco encontraron interacciones entre los DDGS y el ALC, pero observaron un incremento en el contenido magro de la canal y una mejoría en la firmeza del abdomen cuando se añadió a la dieta el 1.0% de ALC. Sin embargo, no se vio afectado el IV de la grasa dorsal. Por lo tanto, parece que la adición de ALC a la dieta durante la última fase de finalización puede usarse para reducir el IV de la grasa de la canal, pero actualmente no se usa en EUA, debido al costo, además de que no está disponible o aprobado para su uso en otros países.

Alimentación de glicerol crudo

El glicerol es el componente de tres carbonos de triglicéridos que queda después de la producción de biodiesel. El glicerol crudo se puede usar como fuente de energía en cerdos, si resulta económico y está disponible. Las dietas que contienen 5% de glicerol pueden disminuir la concentración de PUFA, ácido linoleico y linoléico en la grasa dorsal, al tiempo que se incrementan la concentración de los ácidos grasos monosaturados y ácido oleico (Mourot et al., 1994). Lammers et al. (2008) informaron que la concentración de ácido linoleico de la grasa en las chuletas de cerdo disminuyó conforme aumentaba el glicerol de la dieta a 10%. Estos ligeros cambios en la composición de los ácidos grasos de la grasa de la canal pueden resultar en un aumento de la firmeza de la grasa del cerdo. Schieck et al. (2010) alimentaron a cerdos en crecimiento - finalización con dietas con 8% de glicerol crudo de las 8 a las 14 semanas antes del sacrificio. Encontraron un mejoramiento del 40% en la firmeza del abdomen (medido mediante la prueba de flexibilidad del abdomen) en cerdos que recibieron glicerol durante 8 semanas, en comparación con aquellos que no lo recibieron. Desafortunadamente, estos investigadores no midieron la composición de los ácidos grasos del abdomen, pero estos pocos datos indican que el glicerol de la dieta puede tener alguna utilidad en mejorar la dureza de la grasa de las canales de cerdo.

Conclusiones

La firmeza de la grasa del cerdo disminuye linealmente con los niveles crecientes de DDGS en la dieta de cerdos en crecimiento - finalización; los efectos son mayores en los cerdos magros en comparación con los cerdos con más grasa. El valor de yodo de la grasa del cerdo varía con la ubicación en la canal; debe considerarse esto cuando se mida la grasa para que cumpla con las normas de IV deseadas. Actualmente, entre los métodos más efectivos y prácticos para minimizar los efectos negativos de las dietas que contienen altos niveles de DDGS incluyen: 1) Reducir o retirar los DDGS típicos (de 10 a 12% de grasa cruda) de la dieta de las últimas 3 a 6 semanas antes del sacrificio; 2) Alimentar DDGS reducidos en aceite; 3) Formular dietas con una especificación de PVI y monitorear los efectos sobre la grasa de la canal; y 4) Substituir el trigo, cebada o sorgo por maíz en las dietas de crecimiento - finalización.

Bibliografía

Apple, J. 2010. Beyond Iodine Value: Measuring belly/fat firmness. 63rd Reciprocal Meats Conf., Amer. Meat Sci. Assoc. June 22, Lubbock, TX.

- AOCS. 1998. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. 5th ed. Recommended practice Cd 1c-85. Am. Oil. Chem. Soc., Champaign, IL.
- Averette Gatlin, L., M. T. See, J. A. Hansen, and J. Odle. 2003. Hydrogenated dietary fat improves pork quality of pigs from two lean genotypes. *J. Anim. Sci.* 81:1989-1997.
- Averette Gatlin, L., M. T. See, J. A. Hansen, D. Sutton, and J. Odle. 2002. The effects of dietary fat sources, levels, and feeding intervals on pork fatty acid composition. *J. Anim. Sci.* 80:1606-1615.
- Azain, M. J. 2004. Role of fatty acids in adipocyte growth and development. *J. Anim. Sci.* 82:916-924.
- Beltranena, E., J. Aalhus, M. Dugan, M. Young, N. Campbell, M. Oryschak, and R. Zijlstra. 2009. High dietary inclusion of corn distillers dried grain with solubles (DDGS) and withdrawal rates on pork quality. Final Report. Alberta Livestock Industry Development Fund Ltd.
- Benz, J. M., M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. L. Nelssen, J. M. DeRouchey, R. C. Sulabo, and R. D. Goodband. 2011. Effects of increasing choice white grease in corn- and sorghum-based diets on growth performance, carcass characteristics, and fat quality characteristics of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 89:773-782.
- Boyd, R.D., Johnston, M.E., Scheller, K., Sosnicki, A.A., and Wilson, E.R. 1997. Relationship between dietary fatty acid profile and body fat composition in growing pig. PIC USA T & D Technical Memo 153. Pig Improvement Company, USA, Franklin, Kentucky.
- Carr, S. N., P. J. Rincker, J. Killefer, D. H. Baker, M. Ellis, and F. K. McKeith. 2005. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 83:223-230.
- Cast, W. 2010. Formulating diets to iodine product specifications. Proc. 71st MN Nutrition Conf. University of Minnesota, Owatonna, MN. Pg. 153-159.
- Cromwell, G. L., M. J. Azain, O. Adeola, S. K. Baidoo, S. D. Carter, T. D. Crenshaw, S. W. Kim, D. C. Mahan, P. S. Miller, and M. C. Shannon. 2011. Corn distillers dried grains with solubles in diets for growing-finishing pigs: A cooperative study. *J. Anim. Sci.* doi:10.2527/jas.2010-3704.
- Dahlen, R. B. A., S. K. Baidoo, G. C. Shurson, J. E. Anderson, C. R. Dahlen, and L. J. Johnston. 2011. Assessment of energy content of low-solubles corn distillers dried grains and effects on growth performance, carcass characteristics, and pork fat quality on growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* doi:10.2527/jas.2010-3342.
- Dugan, E. R., J. L. Aalhus, and J. K. G. Kramer. 2004. Conjugated linoleic acid pork research. *Am. J. Clin. Nutr.* 79(Suppl.):1212S-1216S.
- Ellis, N. R. and H. S. Isbell. 1926. Soft pork studies. II. The influence of the character of the ration upon the composition of the body fat of hogs. *J. Biol. Chem.* 69:219-238.
- Freitas, L.S., M.J. Azain, C.R. Dove, and T.D. Pringle. 2009. Effect of dietary distillers dried grains with solubles on performance and carcass characteristics in finishing hogs *J. Anim. Sci.* 87 (E.Suppl. 2):332.
- Han, Y. K., H. W. Soita, and P. A. Thacker. 2005. Performance and carcass composition of growing-finishing pigs fed wheat or corn-based diets. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 18:704-710.
- Hilbrands, A. M., L. J. Johnston, G. C. Shurson, S. K. Baidoo, and L. W. O. Souza. 2011. Effects of diet change and digestibility of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 89(E-Suppl. 2):78(Abstr.).
- Hilbrands, A. M., L. J. Johnston, G. C. Shurson, and I. Kim. 2009. Influence of rapid introduction and removal of dietary corn distillers dried grains with solubles (DDGS) on pig performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 87(E-Suppl. 3):82(Abstr.).

- Hill, G.M., J.E. Link, D.O. Liptrap, M.A. Giesemann, M.J. Dawes, J.A. Snedegar, N.M. Bello, and R.J. Tempelman. 2008. Withdrawal of distillers dried grains with solubles (DDGS) prior to slaughter in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 2):52.
- Hugo, A. and E. Roodt. 2007. Significance of porcine fat quality in meat technology: A review. *Food Rev. Inter.* 23:175-198.
- Jacela, J. Y., J. M. DeRouchey, S. S. Dritz, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. L. Nelssen, R. C. Sulabo, R. C. Thaler, L. Brandts, D. E. Little, and K. J. Prusa. 2011. Amino acid digestibility and energy content of deoiled (solvent-extracted) corn distillers dried grains with solubles for swine and effects on growth performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 89:1817-1829.
- Jackson, A. R., S. Powell, S. L. Johnston, J. O. Matthews, T. D. Bidner, F. R. Valdez, and L. L. Southern. 2009. The effect of chromium as chromium propionate on growth performance, carcass traits, meat quality, and fatty acid profile of fat from pigs fed no supplemented dietary fat, choice white grease, or tallow. *J. Anim. Sci.* 87:4032-4041.
- Lammers, P. J., B. J. Kerr, T. E. Weber, K. Bregendahl, S. M. Lonergan, K. J. Prusa, D. U. Ahn, W. C. Stoffregen, W. A. Dozier III, and M. S. Honeyman. 2008. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 86:2962-2970.
- Lampe, J. F., T. J. Baas, and J. W. Mabry. 2006. Comparison of grain sources for swine diets and their effect on meat and fat quality traits. *J. Anim. Sci.* 84:1022-1029.
- Larsen, S. T., B. R. Wiegand, F. C. Parrish Jr., J. E. Swan, and J. C. Sparks. 2009. Dietary conjugated linoleic acid changes belly and bacon quality from pigs fed varied lipid sources. *J. Anim. Sci.* 87:285-295.
- Leick, C. M., C. L. Puls, M. Ellis, J. Killefer, T. R. Carr, S. M. Scramlin, M. B. England, A. M. Gaines, B. F. Wolter, S. N. Carr, and F. K. McKeith. 2010. Effect of distillers dried grains with solubles and ractopamine (Paylean) on quality and shelf-life of fresh pork and bacon. *J. Anim. Sci.* 88:2751-2766.
- Madsen, A., K. Jakobsen, and H. Mortensen. 1992. Influence of dietary fat on carcass fat quality in pigs. A review. *Acta. Agric. Scand.* 42:220-225.
- Meadus, W. J., P. Duff, B. Uttaro, J. L. Aalhus, D. C. Rolland, L. L. Gibson, and M. E. R. Dugan. 2010. Production of docosahexaenoic acid (DH) enriched bacon. *J. Agric. Food Chem.* 58:465-472.
- Mourot, J., A. Aumaitre, A. Mounier, P. Peiniau, and A. C. Francois. 1994. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. *Livest. Prod. Sci.* 38:237-244.
- Nishioka, T. and M. Irie. 2006. Fluctuation and criteria of porcine fat firmness. *Anim. Sci.* 82:929-935.
- Ochoa, L., M. Ellis, J. Eggert, B. Cousins, A. M. Gaines, and F. K. McKeith. 2010. Impact of dietary inclusion of distillers dried grains with solubles (DDGS) and conjugated linoleic acid (CLA) on pig growth performance, carcass characteristics, and meat and fat quality. *J. Anim. Sci.* 88(E-Suppl. 3):104(Abstr.).
- Pomeroy, J. M., G. C. Shurson, S. K. Baidoo, and L. J. Johnston. 2011. Tallow and DDGS effects pork fat quality. *J. Anim. Sci.* 89 (E-Suppl. 2):38.
- Rentfrow, G., T. E. Sauber, G. L. Allee, and E. P. Berg. 2003. The influence of diets containing either conventional corn, conventional corn with choice white grease, high oil corn, or high oil high oleic corn on belly/bacon quality. *Meat Sci.* 64:459-466.
- Schieck, S. J., G. C. Shurson, B. J. Kerr, and L. J. Johnston. 2010. Evaluation of glycerol, a biodiesel coproduct, in grow-finish pig diets to support growth and pork quality. *J. Anim. Sci.* 88:3927-3935.
- Smith, S. B., T. S. Hively, G. M. Cortese, J. J. Han, K. Y. Chung, P. Castenada, C. D. Gilbert, V. L. Adams, and H. J. Mersmann. 2002. Conjugated linoleic acid depresses the Δ^9

- desaturase index and stearoyl coenzyme A desaturase enzyme activity in porcine subcutaneous adipose tissue. *J. Anim. Sci.* 80:2110-2115.
- Stein, H. H. and G. C. Shurson. 2009. Board-invited review: The use and application of distillers dried grains with solubles in swine diets. *J. Anim. Sci.* 87:1292-1303.
- Stevens, J., A. Schinckel, B. Richert, and M. Latour. 2009. The impact of dried distillers grains with solubles withdrawal programs on swine carcass fatty acid profiles and bacon quality. *J. Anim. Sci.* 87 (E. Suppl. 2):579.
- Thiel-Cooper, R. L., F. C. Parrish, Jr., J. C. Sparks, B. R. Wiegand, and R. C. Ewan. 2001. Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 79:1821-1828.
- Warnants, N., M. J. Van Oeckel, and C. V. Boucque. 1999. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids into pork fatty tissues. *J. Anim. Sci.* 77:2478-2490.
- Weber, T. E., B. T. Richert, M. A. Belury, Y. Gu, K. Enright, and A. P. Schinckel. 2006. Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growth performance, pork quality, and fatty acid profiles in genetically lean gilts. *J. Anim. Sci.* 84:720-732.
- White, H. M., B. T. Richert, J. S. Radcliffe, A. P. Schinckel, J. R. Burgess, S. L. Koser, S. S. Donkin, and M. A. Latour. 2009. Feeding conjugated linoleic acid partially recovers carcass quality in pigs fed dried corn distillers grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 87:157-166.
- Whitney, M. H., G. C. Shurson, L. J. Johnston, D. M. Wulf, and B. C. Shanks. 2006. Growth performance and carcass characteristics of grower-finisher pigs fed high-quality corn distillers dried grains with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. *J. Anim. Sci.* 84:3356-3363.
- Widmer, M. R., L. M. McGinnis, D. M. Wulf, and H. H. Stein. 2008. Effects of feeding distillers dried grains with solubles, high-protein distillers dried grains, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *J. Anim. Sci.* 86:1819-1831.
- Wiegand, B. R., R. B. Hinson, M. J. Ritter, S. N. Carr, and G. L. Allee. 2011. Fatty acid profiles and iodine value correlations between four carcass fat depots from pigs fed varied combinations of ractopamine (Paylean) and energy. *J. Anim. Sci.* doi:10.2527/jas.2010-3303.
- Wood, J. D., R. I. Richardson, G. R. Nute, A. V. Fisher, M. M. Campo, E. Kasapidou, P. R. Sheard, and M. Enser. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Sci.* 66:21-32.
- Wood, J. D., J. Wiseman, and D. J. A. Cole. 1994. Control and manipulation of meat quality. In: D. J. A. Cole, J. Wiseman and M. A. Varley (ed.) *Principles of Pig Science*. Pp 433-456. Nottingham Univ. Press.
- Xu, G., S. K. Baidoo, L. J. Johnston, B. Bibus, J. E. Cannon, and G. C. Shurson. 2010a. The effects of feeding diets containing corn distillers dried grains with solubles, and withdrawal period of distillers dried grains with solubles, on growth performance and pork quality in grower-finisher pigs. *J. Anim. Sci.* 88:1388-1397.
- Xu, G., S. K. Baidoo, L. J. Johnston, B. Bibus, J. E. Cannon, and G. C. Shurson. 2010b. Effects of feeding diets containing increasing content of corn distillers dried grains with solubles to grower-finisher pigs on growth performance, carcass composition, and pork fat quality. *J. Anim. Sci.* 88:1398-1410.