

**EFFECTO DE LA ALIMENTACIÓN CON PALMILLO (*Roystonea borinquena*) SOBRE
LA CALIDAD DE LA CARNE DE CERDO PRODUCIDA EN PUERTO RICO**

Por:

Sylvia I. Almodóvar Laborde

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

en

Ciencia y Tecnología de Alimentos

Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
2014

Aprobado por:

Fernando Pérez, PhD.
Presidente del Comité Graduado

Fecha

Aixa Rivera, M.S.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Carmen S. Santana, PhD.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

María L. Plaza, PhD.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Katherine Carrero, M.S.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Aixa Rivera, M.S.
Coordinadora del Programa

Fecha

ABSTRACT

Fifty-three pigs (37 females, 16 castrated males) were evaluated to determine the quality of their meat when they consumed a diet with 2.5% palmillo (seed of royal palm, *Roystonea borinquena*) compared to a diet of 0% palmillo. In this research, the organoleptic characteristics (tenderness, juiciness and intramuscular fat content) in muscle Longissimus dorsi (LD) were analyzed as well as the macronutrients in the meat according to the effect of slaughter weight, type of diet and sex of animals. Three samples of the LD muscle were taken at the level of the first, tenth and last rib on each pig. Significant differences ($P < 0.01$) in intramuscular fat, dry matter, moisture and water holding capacity were found when the pig diet was modified with palmillo flour. Also, significant differences ($P < 0.001$) for the interaction of sex and diet with substitution with palmillo were observed in pH and water holding capacity of the pork meat. Based on the results it can be concluded that a diet of 2.5% palmillo in the swine diet did not have an adversely affect in the pork quality.

RESUMEN

Cincuenta y tres cerdos (37 hembras; 16 machos castrados) fueron evaluados para determinar la calidad de su carne cuando consumieron una dieta modificada con palmillo o semilla de la Palma Real (*Roystonea borinquena*) al 2.5% comparada con una dieta de 0% harina de palmillo. En esta investigación se analizaron las características de calidad (terneza, jugosidad y contenido de grasa intramuscular) en el músculo *Longissimus dorsi* (LD) según el efecto del peso de matanza, tipo de dieta y sexo de los animales. Se tomaron tres muestras del músculo LD a la altura de la primera, décima y última costilla en cada cerdo. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) en las características de la carne como: grasa intramuscular, materia seca, humedad y capacidad de retención de agua cuando se modificó la dieta con harina de palmillo. También se observó diferencias significativas ($P < 0.001$) para la interacción de sexo y dieta con harina de palmillo en las características de: pH y capacidad de retención de agua. Basándose en los resultados se puede concluir que una dieta de palmillo al 2.5% no afecta adversamente la calidad de la carne de cerdo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todos aquellos que siempre creyeron en mí y me apoyaron a seguir adelante con mis sueños en especial se lo dedico a mis padres Pablo Iván y Maria Isabel quienes siempre me han apoyado en todas mis decisiones para poder llegar a ser un orgullo para ellos como profesional e hija, mis amigos que me brindaron su ayuda, su atención y sobretodo su amistad incondicional.

A mis hermanos, Jose Iván, Maria Isabel y Liza Ivette, y mi familia cercana por apoyarme en cada momento de mi vida. Mis sobrinos, Iván Andrés y Guillermo Emilio por ser mi motivación, inspiración y felicidad. Al igual que todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue resultado del esfuerzo y la colaboración de varias personas, las cuales fueron piezas clave durante el desarrollo del mismo y sin las cuales hubiese sido imposible completarlo. Agradezco la colaboración de la profesora Aixa Rivera, por ser mi guía y amiga durante todos mis estudios graduados, por sus palabras de aliento y su apoyo incondicional. Al profesor Fernando Pérez por su cooperación y asesoramiento en el desarrollo y redacción de esta investigación.

Les doy las gracias al Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos por ofrecerme una educación de primera, a todo el personal docente por los conocimientos ofrecidos semestre a semestre y por enseñarnos lo que representa ser profesional, a todo el personal administrativo por atender nuestras necesidades.

A todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de este trabajo de grado, agradezco de forma sincera su valiosa colaboración.

TABLA DE CONTENIDO

Tabla de Contenido	vi
Lista de Tablas	viii
Lista de Figuras	ix
1 INTRODUCCIÓN	1
2 OBJETIVOS	4
3 REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1 Alternativa para alimento: Palmillo	17
4 MATERIALES Y MÉTODOS	21
4.1 Recolección de Muestra	21
4.2 Análisis Proximal	23
4.2.1 Determinación de porcentaje de grasa cruda	23
4.2.2 Determinación del porcentaje de ceniza	25
4.2.3 Determinación de materia seca y humedad	26
4.3 Determinación de pH	27
4.4 Determinación de capacidad de retención de agua	28
4.5 Determinación de terneza objetiva en la carne cruda	29
4.6 Análisis estadístico	30
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
5.1 Grupo 1: Efecto de la dieta y peso a la matanza sobre las características de la carne de cerdo	33
5.1.1 Grasa intramuscular (%)	33
5.1.2 pH	34
5.1.3 Materia seca(MS) y Humedad(H)	36
5.1.4 Capacidad de retención de agua (CRA)	37
5.1.5 Terneza objetiva(WBS)	39
5.1.6 Diferencias en características analizadas en el músculo <i>Longissimus</i> <i>dorsi</i> (LD)	40
5.2 Grupo 2: Efecto de la dieta y el sexo sobre las características de la carne	42
5.2.1 pH	43
5.2.2 Capacidad de retención de agua (CRA)	44
5.2.3 Grasa intramuscular	46
5.2.4 Terneza objetiva (WBS)	46
5.2.5 Diferencias en características analizadas en el músculo <i>Longissimus</i> <i>dorsi</i> (LD)	49
5.3 Calidad de la carne de cerdo	50
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53

7 BIBLIOGRAFÍA	55
8 APENDICE.....	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Parámetros ideales sobre la calidad de la carne de cerdo en EU	6
Tabla 2.	Composición de la dieta para cerdos en crecimiento.....	21
Tabla 3.	Grupo 1: Distribución de datos para las hembras por dieta y peso al momento de la matanza	22
Tabla 4.	Grupo 2: Distribución de datos para cerdos de 120 lbs por el efecto de dieta y sexo.....	22
Tabla 5.	Efecto de la interacción de la dieta con harina de palmillo (0 vs 2.5%) y el peso al momento de matanza (120 vs. 200 lbs) sobre la característica de pH (medias de cuadrados mínimos (MCM) $\pm$ error estándar (EE)).....	35
Tabla 6.	Efecto de la dieta con harina de palmillo (0 vs 2.5%) y el peso de matanza (120 vs 200 lbs) sobre las características analizadas en la carne de cerdas (Medias de cuadrados mínimo y error estándar)..	40
Tabla 7.	Medias de cuadrados mínimos y error estándar de las características analizadas en relación a la posición (P vs D vs U) del músculo LD de donde se obtuvieron las muestras de carne.....	41
Tabla 8.	Efecto de la dieta con harina de palmillo (0 vs 2.5%) y el sexo (hembras vs machos castrados) sobre las características analizadas en la carne de cerdas de 120 lbs. (Medias de cuadrados mínimos y error estándar).	48
Tabla 9.	Efecto de la interacción de la dieta con harina de palmillo (0 vs 2.5%) y el sexo (Machos castrados vs Hembras) sobre las características de pH y CRA (medias de cuadrados mínimos (MCM) $\pm$ error estándar(EE)	48
Tabla 10.	Medias de cuadrados mínimos y error estándar de las características analizadas en relación a la posición (P vs D vs U) del musculo LD de donde se obtuvieron las muestras de carne.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ankom XT ¹⁰ Extraction System®	24
Figura 2. Metro de pH SympHony-SB70P	27
Figura 3. Planímetro polar (K & E 62 0000)	29
Figura 4. Equipo Warner-Bratzler Shear (WBS).....	30

1 INTRODUCCIÓN

El consumidor de hoy está consciente de la importancia de una buena nutrición para mantenerse saludable. El aumento en el consumo de carne per cápita es un reto en un mercado competitivo donde las necesidades y expectativas de los consumidores contribuyen significativamente a la elección entre fuentes alternas de proteína (Moeller et al., 2010). Con esto en mente, el consumidor busca un producto de carne de alta calidad nutricional que, a la vez, sea económico y con características organolépticas adecuadas (House, 2010; Dugan et al., 2004).

Según House (2010), la carne de cerdo es una excelente fuente de vitaminas, minerales y proteínas de alta calidad. La calidad de la carne de cerdo se define por varios factores; incluyendo las características organolépticas (tales como el terneza, color, textura, olor y sabor) y el valor nutricional del producto cárnico (proteínas, grasa, agua, minerales y vitaminas) (Aberle et al., 2001; Gunenc, 2007). Actualmente el mercado de carne de cerdo está ofreciendo un producto que reúne una serie de características deseables que se perciben como de calidad consistente, atractivo en apariencia, apetitoso y paleatable (Grunert et al., 2004).

Para el año fiscal 2009-10, la producción local de carne de cerdo fue tan sólo un 2.10% del ingreso bruto agrícola de la Isla (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2010). Esto equivale a una disminución aproximada del 6%, si se compara con el año 2008-09. Algunos factores que pueden explicar esta disminución incluyen la dificultad que enfrentan los productores para tener acceso al mercado, competencia con el producto importado, falta de estructuras gubernamentales que favorezcan al

productor, altos costos de producción, ausencia de precios razonables de alimentos concentrados y la falta de un producto que tenga identidad y reconocimiento, de manera que pueda competir por un precio preferencial y que sea difícil sustituirlo con productos importados (Casas, 2011; Departamento de Economía Agrícola y Sociología Rural, 2002).

Entre estos problemas, el de más importancia es el costo del alimento concentrado, el cual se ha incrementado en los últimos años debido al aumento en precio de la materia prima que lo compone (Pelatti, 2012). Al considerar éstos factores, el productor debe tomar en consideración la composición de la dieta de los animales e investigar alternativas económicas tanto para él como para el consumidor (Fischer, 2005). La alimentación de los cerdos en proyectos comerciales está basada en dietas de concentrados altas en energía, principalmente, en base a maíz. En Puerto Rico, al igual que en otras partes del mundo, donde no se produce maíz para la alimentación de animales, se depende de la importación de dicho ingrediente para la elaboración del alimento, generando así un aumento sustancial en los costos de producción. Es por ello que varios países han estado evaluando fuentes alternas de ingredientes que permitan sustituir el uso de maíz sin afectar adversamente la calidad de la carne, tratando así de disminuir los costos de producción (Pochon et al., 2007).

Países como Cuba y México, actualmente, están utilizando la semilla de palma real (*Roystonea sp.*), conocida como el palmiche o palmillo para la alimentación porcina. Esta semilla ha demostrado ser una excelente fuente de energía, es considerado endémico en estos países, tiene una disponibilidad alta y es relativamente de bajo costo (Santana et al., 2009; Ly, 2008).

El palmillo contiene altas cantidades de ácidos grasos entre los que predominan los ácidos oleico, láurico, palmítico y linoleico. Según Ly (2008), alrededor de 35% de los lípidos disponibles en el palmillo son ácidos grasos insaturados (25% ácido oleico y 10% ácido linoleico). Esto tiene sus beneficios ya que los ácidos grasos insaturados tiene una digestibilidad más alta que los saturados (Ly, 2008). A pesar de esto, el aumentar los ácidos insaturados a un nivel por encima del óptimo, 15% de ácido linoleico (C18:2), tiene como consecuencia una calidad inferior en la carne ya que la consistencia de la grasa subcutánea se ve afectada (Ruiz y López Bote, 2005). Ácidos poliinsaturados, como son los ácidos linoleicos, han demostrado que afectan la firmeza de la grasa haciendo de ésta una grasa más suave (Wood y Enser, 1997). Un corte de carne de cerdo que contiene “soft fat” (grasa blanda) no es apta para productos cárnicos como son el tocino, ya que causa problemas con la apariencia física, luciendo aceitosa o húmeda y a la misma vez tendrá una rancidez ligera (Sosnicki, 2009). En embutidos también se puede observar problemas de manejo con este tipo de carne ya que será más difícil de manejar (Sosnicki, 2009). El palmillo ha sido utilizado en la alimentación de cerdos de traspatio por años en países como Cuba, pero es muy poco lo que se conoce sobre su efecto en la calidad de la carne (Santana et al, 2009).

2 OBJETIVOS

La presente investigación se realizó con el objetivo principal de evaluar el efecto de la adición de harina de palmito de la palma real (*Roystonea borinquena*) en la dieta de cerdos, sobre la calidad organoléptica y los macronutrientes (grasa, humedad y materia seca total) de la carne de cerdo.

Con los resultados de la presente investigación, se buscó aportar información, con base científica, sobre la calidad de la carne que se produce actualmente en Puerto Rico.

3 REVISIÓN DE LITERATURA

"Carne de cerdo: La otra carne blanca" es la quinta expresión de propaganda utilizada por la industria de carne de cerdo en los Estados Unidos (Norman et al., 2003). La carne de cerdo, tradicionalmente clasificada como carne roja, contiene ciertas características como son los factores nutricionales y organolépticos semejantes a los contenidos en carnes blancas. Según Roncalés (2008) en su artículo "Carne de Cerdo: la otra carne blanca", la carne de cerdo está formada mayormente de fibras blancas que contienen menos cantidad de grasa de reserva energética. Esto hace que tenga un menor contenido de grasa en comparación con las carnes rojas. Otra característica es que necesita menos tiempo de maduración para conseguir una terneza mayor. Adicionalmente, la composición de la grasa es diferente a la del vacuno, la proporción de ácidos grasos saturados es menor, la de monoinsaturados es similar y la de poliinsaturados es mayor. Por estas cualidades de estructura y composición, la carne de cerdo es similar a la de pollo y no a las carnes rojas como la de vacuno y ovino, por lo tanto, se le nombra a la carne de cerdo como: 'la otra carne blanca'. Con este lema, la industria de carne de cerdos pretende orientar al consumidor sobre los beneficios que trae el consumir este tipo de carne y así elegir una carne de cerdo que conserva una calidad óptima.

Actualmente, la industria de alimentos está pagando más por cortes de carne de alta calidad para asegurar la satisfacción del consumidor (Savell y Shackelford, 1992). Contrario a lo pensado, una producción de carne de cerdo magra equivale a una carne de baja calidad (Marriott y Schilling, 2002). Múltiples estudios concluyen que la calidad

de la carne está determinada por dos parámetros: 1) sensorial (características organolépticas), el cual incluye terneza, jugosidad, sabor, olor y color y; 2) nutricional que incluye proteínas, grasa, humedad, vitaminas y minerales (House, 2010; Jeremiah, 2001; Brashear et al., 2000). Factores como la estructura de las fibras musculares, el trato del animal ante y post-mortem, edad, sexo y alimentación son factores que afectan la calidad de la carne (Koohmaraie et al., 2000).

El Concilio Nacional de Carne de Cerdo (NPPC, por sus siglas en inglés) establece parámetros para categorizar la carne de cerdo producida en Estados Unidos (Tabla 1) (NPPC, 2001). Esos parámetros incluyen terneza estimada utilizando el equipo de Warner-Bratzler Shear[®], capacidad de retención de agua, color, pH y porcentaje de grasa intramuscular (marmoleo).

Tabla 1: Parámetros ideales sobre la calidad de la carne de cerdo en EU.

Atributos principales	Parámetros ideales	Comentario
Color	3.0 a 5.0	Utilizando una escala de 6 puntos.
pH	5.6 a 5.9	
Terneza	<7 lbs.(3.2 kg)	Utilizando el WBS
Grasa intramuscular (marmoleo)	2 a 4%	
Capacidad de retención de agua	≤ 2.5	

Fuente: NPPC, 2001.

La terneza y la jugosidad, son los factores de mayor importancia en cuanto a la calidad sensorial de la carne de cerdo (Jeremiah, 2001; Gunenc, 2007). La terneza en

la carne se define como la facilidad o dificultad al cortar y masticar antes de la deglución (Peluffo y Monteiro Rodríguez, 2002). La terneza es la característica de mayor variación, y se presume que se debe principalmente a cambios en la estructura de la proteína miofibrilar del músculo en el periodo comprendido entre el periodo *postmortem* y el consumo de la carne (Wood et al., 1999). Valores altos de pH (pH >5.5) se han asociado a una mayor terneza de la carne (Coma y Piquer, 2000).

Existe una relación significativa entre jugosidad y terneza, ya que se distingue un corte de carne jugoso como un corte más tierno. Coma y Piquer (2000), determinaron que existen varios factores que afectan la terneza como lo son el almacenamiento de la carne después del sacrificio, el estado de contracción del músculo antes y durante el *rigor mortis*, la estructura del tejido conectivo en la carne y, por último, la cantidad de grasa intramuscular. La cantidad de grasa intramuscular es un factor significativo en la medida que la jugosidad y la terneza se asocian positivamente (Huffman et al., 1996).

La jugosidad de la carne representa la liberación de líquido de la misma, que facilita masticar y estimula la producción de saliva (Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor, 2012). Está relacionada principalmente con la capacidad de retención de agua de las proteínas y los niveles de grasa intramuscular. El contenido de grasa en el músculo es un factor esencial en la jugosidad, a mayor nivel más jugosa es la carne. El papel de la grasa depende del modo de cocinado, de manera que cuando está muy cocida la carne, si el contenido de grasa es bajo la carne se vuelve seca y dura.

Por otro lado, la capacidad de retención de agua tiene una gran importancia en la producción de carne de cerdo por su implicación financiera. La capacidad de

retención de agua se define como la habilidad para el músculo *postmortem* a retener agua aunque se aplique presión externa a éste. Esta capacidad de retención de agua es otro atributo de importancia de la carne fresca, ya que influye en la calidad organoléptica, nutricional y de apariencia de la carne (Bertram et al., 2003). Mientras la pérdida de agua sea mayor, el corte de carne de cerdo tendrá una apariencia menos atractiva ya que será de un color pálido, blando y exudativo llevando así, una pérdida económica en el productor (Gunenc, 2007).

De la misma manera, el sabor y el olor están íntimamente relacionados. Por lo general, el sabor está relacionado con materiales solubles en agua, y el olor corresponde con elementos volátiles solubles en la grasa (Gunenc, 2007). Según Coma y Piquer (2000), la calidad, en especial el estado de oxidación de la grasa intramuscular, es uno de los factores que determinan el sabor y olor de la carne. Se puede prevenir el efecto indeseable del olor y sabor de la carne mediante la manipulación del perfil de ácidos grasos, primordialmente de poliinsaturados, en la grasa utilizada en la dieta del animal junto con antioxidantes como la vitamina E (Ellis y McKeith, 2010).

Otro factor que determina el olor y sabor de la carne es el sexo del animal, específicamente en los machos enteros. Por esto, la castración es importante en animales machos que se utilizan para carne. Los compuestos volátiles como el escatol y la androstenona son responsables de este problema. El escatol es producido en el intestino por la degradación microbiana del triptófano, producto de la proteína alimentaria o endógena y, al no ser degradada, se deposita en el tejido adiposo.

El olor a orina y transpiración que se detecta en algunas carnes de cerdos son producidos por la feromona sexual llamada androstenona. Esta es producida en los testículos del cerdo y transportada en la corriente sanguínea donde cierta cantidad es acumulada de manera reversible en el tejido adiposo (Font, 2002).

Otro de los factores que podría afectar la aceptación de la carne de cerdo, es el color. El color es un parámetro que el consumidor utiliza para juzgar su aceptabilidad como una carne de buena calidad sensorial. Según Eagerman et al., (1977) éste debe ser rosado claro y no pálido. El color viene dado varios factores como: la cantidad de pigmento (mioglobina) en el músculo (mayor cantidad de mioglobina, más color), el tipo de músculo (ya que el ejercicio estimula la formación de mioglobina que resulta en un color más intenso), la alimentación (a medida que aumenta la cantidad de hierro en la dieta, aumenta el color rojo en la carne) (Oyagüe, 2007).

El color y la capacidad de retención de agua dependen básicamente de las condiciones en que se realizan los cambios de pH durante la transformación *postmortem* del músculo a carne. Al disminuir el pH por debajo de 5.3, la carne tendrá una capacidad de retención de agua baja y, por consiguiente, un color pálido que no es aceptado por el consumidor (Du, 2001). Al contrario, un pH mayor de 6.0 resulta en un color oscuro y mayor capacidad de retención de agua, por lo tanto, es una carne más tierna y jugosa que una con un pH menor de 5.3 (Buege, 2001). Fluctuaciones en la velocidad y la magnitud en la disminución en pH para llegar al rango óptimo (5.6 a 5.9), resultan en los fenómenos de “Pale, Soft, Exudative” (PSE, por sus siglas en inglés): carne pálida, blanda y exudativa; o “Dark, Firm, Dry” (DFD, por sus siglas en inglés): oscura, dura y seca (Coma y Piquer, 2000; Bryhni et al., 2003).

El pH del animal a las 24 horas *postmortem* es uno de los mejores indicadores de la calidad de la carne (Boler et al., 2010). La velocidad de la disminución de pH influye en varias de las características organolépticas, por ejemplo, en el color, la terneza y la jugosidad (Kauffman et al., 1964; Van Laak et al., 2001; Boler et al., 2010). El ácido láctico, resultado de la degradación del glucógeno en forma anaeróbica, va a provocar el descenso del pH muscular. El pH de los músculos debe descender desde valores neutrales cercanos a 7.0 hasta valores entre 5.6 - 5.9 en las primeras 6 a 12 horas después del sacrificio. Tanto el valor final del pH, que es medido aproximadamente a las 24 horas después del sacrificio, como la velocidad de caída del mismo durante la transformación del músculo en carne, afectan las características organolépticas y nutricionales de la carne (Zimmerman, 2008).

El fenómeno PSE es causado por factores genéticos y manejo *antemortem* que alteran el comportamiento del animal causando un rápido descenso del pH de la carne. Por otro lado, la presencia de músculos DFD es el resultado del estrés prolongado debido a que se agotan las reservas de glucógeno muscular en el animal vivo y se presenta un metabolismo anormal del músculo finalizando con un pH mayor de 6.0 a las 24 horas (Fisher, 2005). Estas situaciones ocasionan grandes pérdidas a la industria por muerte de animales o por producción de carne con mala apariencia, excesivo goteo y productos procesados de bajo rendimiento y calidad (Alarcón Rojo et al., 2005).

Debido a su alta retención de agua, la carne DFD no exhibe problemas de palatabilidad y es permitida para la venta en productos elaborados de carne. Debido a su alto pH (>6.0), la alta retención de agua se vincula con el agua de las proteínas

musculares y cómo éstas contribuyen a una textura firme. Las células musculares retienen agua y prohíben la penetración de luz causando un color oscuro en la carne (Buege, 2001). Esto va a presentar un aspecto seco en su superficie y por ende, afecta negativamente su apariencia como carne fresca. Los procesadores prefieren este tipo de carne por su alto rendimiento en productos elaborados. Sin embargo, otros lo consideran un defecto de calidad, debido a la corta vida de anaquel de la carne, que afecta su comercialización (Alarcon Rojo et al., 2005). Al contrario, una carne PSE es totalmente inaceptable por el consumidor debido a su aspecto y palatabilidad (Coma y Piquer, 2000).

Brewer (2001), halló que los consumidores prefieren una carne de cerdo fresca con poca grasa subcutánea e intramuscular, pero de marmoleado aceptable. Los atributos organolépticos y nutricionales se tratan de forma conjunta por estar fuertemente interrelacionados. Así mismo, se ha demostrado que las reservas de glucógeno al momento de la matanza pueden ser manipuladas a través de la alimentación y por lo tanto influyen en la tasa de disminución de pH y posiblemente en la calidad nutricional de la carne (Rosenvold y Anderson, 2003).

Carvajal (2001), establece que la composición nutricional en la carne porcina es aproximadamente 75% humedad, 20% proteína bruta, 1% minerales, 1% vitaminas y 1% carbohidratos y 5-10% grasa cruda. El agua es el componente químico más abundante de la carne. Durante el pre-rigor, alrededor de 5% es inmovilizada por la configuración física de las proteínas. Esto causa que se libere agua, causando una exudación visible en la carne y por ende, afecta la capacidad de retención de agua y la calidad de carne.

Sarría (2007), declara que las proteínas, que provienen básicamente del tejido muscular, son muy importantes nutricionalmente al igual que funcionalmente. Son importantes en la actividad enzimática, en transporte de moléculas o iones específicos (hemoglobina, lipoproteína), capacidad nutritiva, acción contráctil (miosina y actina), formación de estructuras (colágeno, elastina, queratina), acciones defensivas (inmunoglobulinas, anticuerpos, fibrinógeno, trombina) y regulación celular (insulina, proteínas G). La calidad nutritiva de una proteína está dada en función de su composición de aminoácidos esenciales. Pequeños cambios, como una alteración en el pH, pueden causar modificaciones intensas en las moléculas de proteínas.

Según Peinado et al., (2009), la carne de cerdo contiene minerales como son hierro, cobre, zinc y menores cantidades de magnesio, fósforo y potasio. En el caso de las vitaminas, se destaca las vitaminas del grupo B, en especial de vitamina B1 (tiamina). La tiamina es importante para el metabolismo de las grasas, carbohidratos y proteínas. Esta vitamina cumple con funciones muy importantes en el organismo como estimular el metabolismo e intervenir en funcionamiento del sistema nervioso. Así mismo, la carne de cerdo es más rica en biotina, ácido pantoténico, riboflavina y piridoxina que la de otras carnes y, en ella, también está presente la vitamina B12 (cianocobalamina). La riboflavina es de importancia para la liberación de energía de los alimentos digeridos (Aberle et al., 2001).

Los cerdos son animales monogástricos, por consiguiente, muchos de los componentes dietéticos son fácilmente transferidos desde la alimentación a los tejidos del músculo y finalmente a la grasa; que posteriormente afecta la calidad de carne de cerdo. Niveles altos de grasa intramuscular influyen positivamente en la ternura, la

jugosidad y el sabor de la carne de cerdo (Faucitano et al., 2003). Tradicionalmente, la carne de cerdo se ha considerado como una carne con alto contenido de grasa, sin embargo, cerca del 70% de la grasa es subcutánea, por lo que el propio consumidor puede eliminarla fácilmente (Moreno, 2008).

En cerdos, la mayoría de los lípidos en la dieta se absorben en el intestino y se incorporan en el tejido muscular. Los ácidos grasos linoleicos poliinsaturados (por ejemplo, α -linolénico) no pueden ser sintetizados por el cuerpo, por lo tanto el tejido responde rápidamente a los cambios en la dieta del animal. Los ácidos grasos saturados y monoinsaturados son sintetizados, por lo tanto, sus concentraciones son menores y no afectan tan fácilmente los tejidos a causa de la dieta (Rosenvold y Andersen, 2003). Por este efecto, se ha querido modificar la composición de la grasa animal con el fin de completar los requerimientos lipídicos en el ser humano.

La carne ha sido erróneamente identificada como un alimento que contiene un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados y un equilibrio indeseable de ácidos grasos (Rosenvold y Andersen, 2003). En todo animal monogástrico utilizado para consumo de carne, es posible modificar la composición de lípidos en el animal a través de la dieta. En cierta medida, la composición de la grasa corporal en el cerdo refleja la composición de la grasa de la dieta. Los ácidos grasos absorbidos de la dieta, especialmente los poliinsaturados, inhiben específicamente la síntesis endógena de ácidos grasos; aumentando el efecto de la composición grasa de la dieta sobre la composición de la grasa corporal. Por lo tanto, es posible manipular la composición de la grasa corporal alterando la grasa en la dieta (Pettigrew y Esnaola, 2001). Esto es más fácil en animales monogástricos como los cerdos y las aves, donde los ácidos

linoleico, α -linoleico y cadenas largas de ácidos grasos poliinsaturado responden ligeramente a un aumento en las concentraciones dietéticas. La facilidad para modificar la composición lipídica en aves y cerdos permite generar en sus carnes, perfiles mucho más saludables que los tradicionales y, por esto, se han generado numerosas y exitosas investigaciones (García, 2009).

Varios estudios han encontrado una fuerte correlación inversa entre la cantidad de grasa y la concentración del ácido linoleico en la carne porcina (Wood y Enser, 1997). Según Fernández-Gines et al., (2005), variaciones en la composición de ácidos grasos tienen un efecto significativo sobre la firmeza o la suavidad de la grasa en la carne, especialmente la subcutánea e intermuscular, al igual que la grasa intramuscular. Según Rosenvold y Andersen (2003), una carne que sobrepase los niveles óptimos de ácidos grasos poliinsaturados, como el ácido linoleico, produce una carne y productos cárnicos con características suaves y, por lo tanto, de inferior calidad.

A menudo se ha informado que el contenido de lípidos en la carne pueden influir las características sensoriales de textura, ternura, sabor y jugosidad en la carne (Lonergan et al., 2007). En general, un aumento de los niveles de grasa intramuscular tiene una influencia positiva en la jugosidad, ternura y palatabilidad de carne de cerdo (Faucitano et al., 2003). Los lípidos en la carne han adquirido gran importancia por su aparente relación con las principales enfermedades del mundo actual como lo son las cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer, diabetes, obesidad, etc., (García, 2004). La composición de ácidos grasos en los tejidos musculares en la carne de cerdo pueden ser modificados en gran medida por la incorporación de componentes como aceites en

la dieta del animal ya que en el cerdo, al ser monogástrico, los ácidos grasos son absorbidos intactos en el intestino delgado y luego incorporados en los lípidos del tejido animal (Wood et al, 1999). El perfil de ácidos grasos y la grasa intramuscular en la carne de cerdo son de gran importancia al evaluar la calidad de carne por tres razones:

- La composición de ácidos grasos tiene un impacto significativo en el atributo tecnológico (firmeza y la estabilidad de almacenamiento), valor nutricional y la palatabilidad (Fischer, 2005).
- El perfil de ácidos grasos y la grasa intramuscular pueden ser alterados según las prácticas encontradas en la producción animal (Fischer, 2005).
- La grasa intramuscular en la carne de cerdo tiene una influencia positiva en los atributos organolépticos de la carne (Faucitano et al., 2003).

Ciertas investigaciones han encontrado posible mejorar el valor nutricional de la carne de cerdo a través de la modificación de la alimentación sin afectar negativamente la oxidación lipídica (Omojola et al., 2009; Spencer et al., 2005). Los productores han ido cambiando gradualmente el origen de la grasa en la dieta de los cerdos de grasa animal (mayor grasa saturada) hacia una dieta compuesta de grasa vegetal (más grasa insaturada), con el fin de afectar positivamente la calidad de la grasa de la carne de cerdo. Claro está, tiene que existir un balance entre las grasas saturadas y las grasas insaturadas ya que, al tener un alto nivel de grasas poliinsaturadas, afectaría la grasa generando un producto cárnico de calidad organoléptica y nutricional baja.

La composición de ácidos grasos, al tener diferentes puntos de fusión, afectarán significativamente la firmeza o la suavidad de la grasa en la carne, no tan solo la grasa

subcutánea e intermuscular, sino también la grasa intramuscular. La cantidad de grasa intramuscular también va a influir sobre cómo se utilizará el corte de la carne; como por ejemplo el tocino, manteca, tocineta, etc. Según Woods y colaboradores, (2003), la composición de ácidos grasos en la carne de cerdo conserva una cantidad alta de ácido linoleico (18:2). Esto es debido al alto contenido de ácidos grasos 18:2 en la dieta basada en cereales consumidos por los animales y esto produce una cantidad indeseablemente alta de ácidos grasos n-6 y n-3 que ha su vez trae un efecto negativo a la calidad de la carne.

Cambios en los ingredientes de la dieta del animal afectarán la calidad de la carne (Gunenc, 2007). La deposición de ácidos grasos poliinsaturados, principalmente C18:2 y C18:3, se produce sólo si están incluidos en la dieta. Por esto debe considerarse que un cambio en la dieta resulta en cambios en las características del animal, por ende, las de la carne (House, 2010).

Omojola et al., (2009), evaluaron los efectos de la alimentación con diferentes niveles de ajo (*Allium sativum*) en la calidad de la carne de cerdo. El extracto de ajo tiene un efecto de reducir los niveles de colesterol en el suero en el humano, inhibiendo la biosíntesis de colesterol y suprimiendo la oxidación de LDL (low density lipoprotein, por sus siglas en inglés). Esto indica que el extracto de ajo contiene propiedades anti-arterioscleróticas. Un grupo de panelistas identificaron las muestras con mayor porcentaje de ajo como las más jugosas, tiernas y de mayor aceptabilidad general. Los resultados finales indicaron que el suplemento de ajo disminuyó el nivel de grasa en la carne sin comprometer los atributos organolépticos de la carne de cerdo a un nivel por debajo de lo aceptable.

Por otro lado, Spencer et al., (2005), determinaron que una dieta alta en grasa en los periodos de estrés por calor influyó en la intensidad del color de la carne de cerdo, es decir eran más oscuras. Esto indica que la carne del cerdo, al ser más oscura, contiene una capacidad de retención de agua mayor. Además, concluyeron que cerdos a los que se ofreció una dieta alta en grasa obtuvieron canales más pesadas que aquellos a los que no se ofreció la dieta.

Corino et al., (2002), intentaron disminuir el costo de alimentación utilizando suplementos de grasa tales como aceite de maíz, sebo y semilla de colza. En la prueba sensorial del estudio encontraron poca o ninguna diferencia en las características organolépticas de la carne tratada en comparación con el control. Los investigadores concluyeron que se puede cambiar la dieta de los cerdos sin tener un cambio significativo en la calidad de la carne, disminuyendo así el costo de alimento.

El método ideal para determinar la calidad de carne es mediante una evaluación directa del músculo *Longissimus dorsi* y de la cantidad de grasa acumulada en esta región (Gunenc, 2007). Estudios en Cuba han demostrado que el palmillo o semilla de la palma real de Cuba (*Roystonea regia*) ha sido utilizado en la alimentación de los cerdos y ha resultado en un cambio positivo en la producción y producto final (Santana et al., 2009).

3.1 Alternativa para alimento: Palmillo

El maíz ha sido un ingrediente utilizado tradicionalmente en la dieta de los cerdos de producción de carne. Éste ingrediente es alto en energía y contiene alrededor de 3-8% de grasa. El contenido de grasa es mayormente ácidos grasos

insaturados que produce una carne con grasa suave o aceitosa. Esto resulta en un efecto negativo en el momento de procesar la carne para productos cárnicos como es el tocino y embutidos (Patience et al, 2002).

En el palmillo, la semilla representa alrededor del 70% del fruto, que es rojo cuando maduro, y que ennegrece a medida que se seca (Ly, 2008). El palmillo es un alimento esencialmente energético, debido a su alto contenido en grasa (20% grasa) (Francis, 1992). Por eso, aunque la fibra del palmillo, que es de alto contenido (57% comparado con 12-14% para el maíz) es de poca digestión, esto se compensa con la digestibilidad del aceite que es prácticamente completa. Por el contrario, el palmillo es de bajo contenido de proteínas (7% comparado con 8% para el maíz) y, por ende, de amino ácidos esenciales que serían favorables en el cerdo. Por tanto, al sustituir maíz por palmillo en la dieta se debe aumentar la cantidad de proteína de la misma (Ly, 2010).

La Palma Real de Puerto Rico (*Roystonea borinquena*) es principalmente usada como planta ornamental, pero se ha utilizado como una fuente alimenticia para varios animales de traspatio, especialmente cerdos y pollos que consumen las frutas y semillas de éste. Ésta palma es altamente resistente a las inclemencias del tiempo como los huracanes, la contaminación ambiental, y es de fácil crecimiento en espacios limitados; permitiéndole ser fuente de alimento para el ganado, en especial para el porcino.

Sus frutas y semillas contienen alta cantidad de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, de los que predomina los ácidos oleico, láurico,

palmítico y linoleico, que la hacen útil para la alimentación de animales (Francis, 1992; Mancias, 2010). Según Ly (2010), existen una gran variedad de palmas reales las cuales están en abundancia a lo largo de todo el Caribe.

Díaz et al., (2010), determinaron los índices del patrón de consumo de alimentos con una dieta comercial con y sin inclusión de 20% de palmillo molido. Se evaluaron los factores dieta y genotipo, pero no se encontraron efectos significativos entre ellos. Quiérase decir, que no se vio ningún efecto entre los cerdos criollos y los cerdos comerciales al ingerir la dieta con palmillo. Los investigadores concluyen que el palmiche o palmillo puede ser utilizado en la dieta de los cerdos a un 20% de inclusión ya que no mostró ningún efecto negativo alguno en la producción.

Estudios de digestibilidad *in vitro* de semillas de la palma real (*Roystonea regia*) y el coco (*Cocos nucifera* L.) para cerdos fueron evaluados por Ly et al., (2009). El propósito fue estudiar el efecto de la dieta con palmillo y el endospermo de coco cubano en la digestibilidad en el cerdo. Los investigadores sugieren que la mayor parte de los nutrientes de la fracción de la materia orgánica del palmiche es digerida en el ciego y el colon de los cerdos contrario parece ocurrir con el endospermo del coco.

Abeledo et al., (2004), evaluaron los rasgos de comportamiento y canal de cerdo Criollo y cerdos de líneas sintéticas CC21 alimentados con palmiche *ad libitum* como única fuente de energía. No se encontró ningún efecto significativo ($P>0.05$) en la mayoría de las medidas comportamiento y canal hechas para la interacción entre genotipo y sexo. Éstos resultados ayudan a definir una base de datos sobre el efecto del palmillo en los indicadores de comportamiento y canales de cerdos Criollo y CC21

cebados con esta fuente energética no convencional en Cuba y se sugiere profundizar en la ceba final del cerdo Criollo con este tipo de alimento y las posibilidades con la utilización de éste en la elaboración de productos cárnicos.

El comportamiento productivo, características de la canal y peso del tracto gastrointestinal de cerdos alimentados con aceite de palma Africana (*Elaeis Guineensis*) fueron evaluados por Teran et al., (2004). Los tratamientos consistieron en la inclusión de 0, 10, 20 y 30% de aceite de palma africana en la dieta. La carne de los cerdos alimentados con aceite de palma africana tuvo un color rojo más deseable ($P < 0.05$). No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) para la ganancia de peso, días al peso final, rendimiento de la canal, marmoleado de la carne y grasa intramuscular con una dieta con aceite crudo de palma en comparación a cerdos alimentados con una dieta basada en cereales.

El palmillo de la Palma Real ha demostrado que puede ser una fuente alterna en la sustitución de maíz en la elaboración de alimentos para cerdos de producción a la cual no se ha encontrado efecto negativo en la eficiencia ni en la producción de cerdos. En la mayoría de las investigaciones realizadas para evaluar el efecto del palmillo de la Palma Real (*Roystonea sp.*) sobre la dieta de engorde del cerdo, sólo se evalúan las características de producción pero no se toma en cuenta el impacto que tiene la inclusión de palmillo en la dieta sobre la calidad de la carne. Por tal razón se desarrolló esta investigación.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRA

En esta investigación se evaluaron muestras de carne de un total de 53 cerdos, machos castrados (n=16) y hembras (n=37), de la raza pura Yorkshire del Proyecto de Porcinos del Departamento de Industria Pecuaria del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico. Estos fueron alimentados con concentrado a base de maíz y soya al que se les sustituyó con un molido de Palmillo (0% y 2.5%) (Tabla 2). Al ser una sustitución de 2.5% de harina de palmillo (por 1.5% de maíz + 1.0% de aceite de maíz), se afectó levemente el contenido total de grasa en la dieta (control 4.4% vs. formulación con palmillo 3.8%). (Ver Apéndice A.) Dejando así las variables independientes evaluadas como: dieta, sexo del animal y peso al momento de matanza.

Tabla 2: Composición de la dieta para cerdos en crecimiento

Ingredientes	Control (%)	2.5% Harina de Palmillo (%)
Maíz	68.40	66.90
Soya	27.55	27.55
Aceite de maíz	1.00	----
Harina de palmillo	----	2.50
Fosfato monosódico	0.90	0.90
Piedra caliza	1.25	1.25
Pre-mezcla	0.60	0.60
Sal	0.30	0.30
Total	100	100

Los cerdos fueron llevados a dos pesos al momento del sacrificio diferentes (120 vs. 200 lbs). Por situaciones ajenas a nuestro control, hubo dificultad en la recolección

de muestras y, por esta razón, se analizaron los datos en dos grupos. El grupo 1 contenía los datos de las cerdas jóvenes (n=37) que se sacrificaron en el Matadero del municipio de Mayagüez al llegar al peso de matanza de 120 (n=13) ó 200 libras (n=24). Los datos de estas cerdas se evaluaron para el efecto del peso de matanza (120 vs. 200 lbs) y la dieta con palmillo (0% vs. 2.5%) sobre las características de la carne (Tabla 3).

En el grupo 2, 29 animales (16 machos castrados y 13 hembras) se sacrificaron al llegar al mismo peso vivo de 120 libras. Las hembras que llegaron a 120 lbs utilizadas en el grupo 1 fueron las mismas se utilizaron en el grupo 2. En este segundo grupo se evaluó el efecto de la dieta con palmillo y el sexo sobre las características de la carne de cerdo a 120 lbs. (Tabla 4).

Tabla 3. Grupo 1: Distribución de datos para las hembras por dieta y peso al momento de la matanza				
Sexo	Peso matanza (lbs)	Tratamiento (%)		Animales n
		0	2.5	
H	120	4	9	13
	200	12	12	24
Total de observaciones		16	21	37

Tabla 4. Grupo 2: Distribución de datos para cerdos de 120 lbs por el efecto de dieta y sexo				
Sexo	Peso matanza (lbs)	Tratamiento (%)		Animales n
		0	2.5	
M	120	8	8	16
H	120	4	9	13
Total de observaciones		12	17	29

Luego de 24 horas de almacenadas a temperatura de refrigeración, las canales fueron transportadas en camión refrigerado al Laboratorio de Carnes del Departamento de Industria Pecuaria del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico, para ser evaluadas.

Al ser recibidas, se le tomó temperatura inicial a las canales en dos posiciones: lomo y pernil trasero. Estas temperaturas se encontraban entre 1-3°C, las cuales se encontraban entre los rangos aceptados para canales almacenadas por 24 horas en un refrigerador, ya que éstas detienen el proceso bioquímico y no afectan la calidad de la carne. Se recogieron muestras del músculo *Longissimus dorsi* (LD) a la altura de la primera, décima y la última costilla. Éstas muestras se empacaron en bolsas *Ziploc® Brand Double Guard® Freezer Bags*, identificadas con el tratamiento correspondiente a cada muestra. Las muestras fueron congeladas a una temperatura de -27°C para su evaluación posterior. Antes de ser evaluadas, las muestras fueron descongeladas en nevera a 4°C por 24 horas.

Tomando en consideración las variables independientes evaluadas (dieta, sexo y peso a la matanza) en los dos grupos, las muestras se analizaron para contenido de humedad, materia seca, grasa cruda y pH. Además, se estimó objetivamente la capacidad de retención de agua (CRA) y terneza utilizando el equipo de Warner Brazler Shear (WBS).

4.2 ANÁLISIS PROXIMAL

4.2.1 Determinación del porcentaje de grasa cruda

Se utilizó el método estándar 920.39 de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC, por sus siglas en inglés) para la determinación del porcentaje de grasa cruda con el equipo *ANKOM XT¹⁰ Extraction System[®]* utilizando un solvente orgánico, éter de petróleo (Figura 1) (AOAC, 2007).

Se colocaron 1.5 ± 0.5 g de muestra húmeda del músculo *Longissimus dorsi*, libre de grasa visible y tejido conectivo, en bolsas ANKOM XT4[®] debidamente identificadas. Se registró el peso de bolsa y de la muestra por separado utilizando una balanza Denver Instrument Company (Scale # A-200D Balance) antes de colocar las bolsas con muestras en el horno (VWR Horizontal airflow oven 1370FM) a una temperatura de 65°C por 24 horas. Al pasar las 24 horas, las muestras secas se colocaron en un desecador de cristal con piedras de sal de silicio hasta llegar a temperatura ambiente.



Figura 1: *ANKOM XT¹⁰ Extraction System[®]*

Luego se registró el peso de la bolsa con la muestra seca y se colocó en el ANKOM XT¹⁰ Extraction System[®] por treinta minutos. Finalizado este tiempo, se ubicaron las muestras en el horno a 65°C por 24 horas y se volvieron a pesar después de haber llegado a temperatura ambiente en el desecador de cristal. Este procedimiento se realizó en triplicado y se realizaron los cálculos.

$$\% \text{ Grasa Cruda (BASE HUMEDA)} = \frac{B - C}{A} \times 100$$

A = Peso de la bolsa y la muestra húmeda

B = Peso de la bolsa y muestra seca antes de la extracción

C = Peso de la bolsa y muestra después de la extracción

4.2.2 Determinación del porcentaje de ceniza

Se utilizó el método estándar descrito en el AOAC 920.153 para determinar el contenido de cenizas (AOAC, 2007). Se tomaron 3 g de muestra de carne a la altura de la primera, décima y última costilla y se colocaron en respectivos crisoles previamente lavados, secos, pesados e identificados. Las muestras fueron secadas en un horno durante 24 horas hasta llegar a un peso constante y se tomó el peso final. Luego de esto, los crisoles con las muestras secas se colocaron en una mufla (Fisher Scientific Isotemp programable forced-drafted muffle furnace) a 525°C por 18 horas. Al cumplirse las 18 horas, se dejaron enfriar los crisoles y se pasaron al desecador donde terminaron de enfriarse.

Una vez a temperatura ambiente, se pesaron los crisoles con ceniza para determinar el peso de la ceniza. Éste procedimiento fue realizado en triplicado para cada muestra. La fórmula utilizada para la determinación del porcentaje de ceniza en base seca fue la siguiente.

$$\%Cenizas = \frac{Ceniza(g)}{Muestra\ seca(g)} * 100$$

4.2.3 Determinación de Materia Seca y Humedad

Utilizando el método de la AOAC 950.46, se colocaron 5 g de muestra de carne de la primera, décima y última costilla en respectivos crisoles, y se obtuvo el peso del crisol con la muestra húmeda. Los crisoles se colocaron en el horno, con las tapas ligeramente inclinadas, por 24 horas a una temperatura de 65°C. Luego, se enfriaron en el desecador de cristal durante 10 minutos, se pesaron en una balanza analítica (Sartorius, BP121S). Los crisoles con muestras se colocaron nuevamente en el horno a la misma temperatura por una hora adicional y se pesaron colocándolas antes en el desecador. Esto se continuó hasta llegar a un peso constante, el cual indica que la muestra ha liberado toda la humedad que se encuentra en ella. Este procedimiento se hizo en triplicado para cada muestra.

La fórmula utilizada para la determinación del porcentaje de materia seca y humedad (en base húmeda) fueron las siguientes:

$$\% Materia\ Seca = \frac{Muestra\ Seca(g)}{Muestra\ Humeda(g)} * 100$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(Muestra \text{ Húmeda}(g)) - (Muestra \text{ Seca}(g))}{Muestra \text{ Húmeda}(g)} \times 100$$

4.3 DETERMINACIÓN DE pH

Se determinó el pH de la carne, utilizando el protocolo del AOAC, con un potenciómetro de banco (Thermo Electron Corporation pH Meter, SympHony-SB70P) (Figura 2), previamente estandarizado con soluciones amortiguadoras de pH 4.00 y 7.00. Una muestra de 5 g de carne molida (utilizando Cuisinart Stainless Steel Hand Blender) libre de grasa y tejido conectivo visible, tomada de cada una de las áreas evaluadas, se colocó en un tubo de ensayo (50 ml) y se le añadieron 5 ml de agua destilada. Previo a la lectura, se homogenizó la carne con el agua usando un agitador de cristal (Jansen, 2001). Las lecturas para pH se tomaron en triplicado.



Figura 2: Metro de pH SympHony-SB70P

4.4 DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

Según el método utilizado por Tsai y Ockerman (1981), se determinó la capacidad de retención de agua con muestras de 0.275 ± 0.025 g de cada una de las tres áreas: primera, décima y última costilla.

Las muestras se colocaron individualmente en un papel de filtro Whatman Número 1 y se cubrieron con placas de acrílico 10" x 10". Inmediatamente, se ubicaron en una Prensa de Laboratorio Carver (212041) y se comprimieron a 3000 psi por un minuto. Al cabo del minuto, se removió el papel de filtro cuidadosamente y se trazaron ambas circunferencias formadas (área de la carne y área del líquido). Se utilizó un planímetro polar (K & E 62 0000) para determinar la medida (en triplicado) de ambas circunferencias (Tsai y Ockerman, 1981; Kauffman et al., 1986). La capacidad de retención de agua se determinó por la formula:

$$\text{Capacidad de retención de agua} = \frac{\text{Área del líquido desplazado}}{\text{Área de la carne}}$$

Según Hoffman et al., (1982), la capacidad de retención de agua es determinada por la proporción del anillo de carne (sólido) al área del agua liberada. Con estos valores se puede concluir que mientras más cercano sea al valor de 1, menor será la distancia entre el anillo de líquido desplazado con respecto a la carne, y mayor será su retención de agua. Nótese que la definición de Hoffman et al., (1982) es opuesta a la que presentan Tsai y Ockerman (1981) y Kauffman et al., (1986), y que se utilizó en la presente investigación.



Figura 3: Planímetro polar (K & E 62 0000)

4.5 DETERMINACIÓN DE TERNEZA OBJETIVA EN CARNE CRUDA

La terneza de la carne se determinó utilizando el equipo Warner-Bratzler Shear (WBS) (G-R Manufacturing, Manhattan, KS) (Figura 4) utilizando el protocolo ya establecido por la USDA-ARS US Meat Animal Research Center (Wheeler et al., 1997). Las muestras, que fueron previamente descongeladas a 4°C, se obtuvieron con un sacabocado de 1.27cm de diámetro del músculo *Longissimus dorsi* (LD). (A esta muestra se le denomina chorizo.) Se sacaron tres chorizos de carne cruda a favor de la fibra muscular, tomando en consideración que estos chorizos tienen que estar libre de tejido conectivo o grasa visible. Estos chorizos se colocaron en forma perpendicular a la cuchilla triangular del equipo y, de cada uno, se tomaron tres lecturas de la fuerza que le toma al equipo en cortar el chorizo. El procedimiento fue hecho en triplicado.



Figura 4: Equipo Warner-Bratzler Shear (WBS)

4.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El conjunto de datos recopilados fue analizado en un diseño completamente aleatorizado de parcelas subdivididas con una matriz de 2 x 2, mediante análisis de varianza (ANOVA) de dos factores de acuerdo al procedimiento PROC GLM, utilizando el programa SAS Versión 9.2 (SAS Institute, 2009). En el grupo 1, las parcelas fueron identificadas como dieta con harina de palmillo (0 y 2.5%) y el peso de matanza (120 y 200 lbs) y las sub-parcelas siendo la posición (P, D y U) en el músculo LD.

En el caso del grupo 2, las parcelas fueron identificadas como dieta con harina de palmillo (0 y 2.5%) y el sexo del animal (machos castrados y hembras) y las sub-parcelas siendo la posición (P, D y U) en el músculo LD. Los modelos estadísticos fueron los siguientes.

Grupo 1: Efecto de la dieta y peso a la matanza sobre las características de la carne en cerdas jóvenes.

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + A_j + M_{k(ij)} + D_i A_j + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = valor observado de la dieta i, peso a la matanza j, músculo k (posición dentro de músculo: primera (P), décima (D) y última (U) costilla) sobre las variables dependientes consideradas.

μ = media poblacional estimada

D_i = efecto de dieta, i = 0 vs 2.5% harina de palmito

A_j = efecto del peso a la matanza, j = 120 vs 200 lbs

$M_{k(ij)}$ = efecto de la posición en el músculo, k = P vs D vs U

$D_i A_j$ = efecto de la interacción dieta i, por peso j

E_{ijkl} = error experimental asociado a la observación ijk

Grupo 2: Efecto de la dieta y el sexo sobre las características de la carne en cerdos de 120 lbs.

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + S_j + M_{k(ij)} + D_i S_j + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijk} = valor observado de dieta i, sexo j, músculo k (posición dentro de músculo: primera(P), décima(D) y última(U) costilla) sobre las variables dependientes consideradas.

μ = media poblacional estimada

D_i = efecto de dieta, $i = 0$ vs 2.5% harina de palmillo

S_j = efecto de sexo, $j =$ macho (m) vs hembra (h)

$M_{k(ij)}$ = efecto de la posición en el músculo, $k = P$ vs D vs U

$D_i S_j$ = efecto de interacción dieta i , por sexo j ;

E_{ijkl} = error experimental asociado a la observación ijk

Las interacciones no significativas fueron removidas para producir los modelos más simples posibles.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Grupo 1: Efecto de la dieta y peso a la matanza sobre las características de la carne en cerdas jóvenes.

5.1.1 Grasa intramuscular

No se observó efecto estadísticamente significativo ($P>0.05$) en la interacción de la dieta con harina de palmito y el peso al momento de matanza para la característica de grasa intramuscular.

El peso al momento de matanza tampoco tuvo efecto significativo sobre el contenido de grasa intramuscular de las carnes evaluadas. La ganancia de peso de los animales jóvenes es principalmente músculo, mientras que en animales adultos almacenan principalmente grasa (Borja y Mendel, 1998). Según el estudio realizado por Santana et al., (2009), donde se utilizó 40% de palmito en la dieta de los cerdos, se concluyó que al aumentar el peso de matanza, el contenido de grasa intramuscular en la canal también aumenta. Sus resultados coinciden con los encontrados por Borja y Mendel (1998). Pero, esta tendencia no se observó en la presente investigación (Tabla 6).

Al evaluar el efecto del consumo de una dieta con palmito sobre el porcentaje de grasa intramuscular encontrada en la carne de las cerdas jóvenes, sí se observó un efecto estadísticamente significativo ($P\leq 0.05$). Las cerdas a las cuales se ofreció una dieta con 2.5% de harina de palmito presentaron un contenido de grasa intramuscular menor (1.35 ± 0.03 vs. $1.23 \pm 0.02\%$) que las cerdas a quienes solo se le ofreció

concentrado en base de maíz sin sustitución alguna con harina de palmillo (0% palmillo) (Tabla 6).

A pesar que el palmillo tiene un alto contenido de grasa (20%), la sustitución de 2.5% harina de palmillo resultó en una formulación con un contenido estimado levemente menor que para la formulación control. Cabe realizar que el contenido de grasa total de las formulaciones fue estimado y no se realizó un análisis químico de dichas formulaciones para validar el valor estimado. Una variación de 3.8 a 4.4% de grasa total en la formulación no se considera importante desde un punto de vista práctico. Es posible que los datos nutricionales para el maíz o el palmillo, utilizados en el análisis sean imprecisos y que los contenidos de grasa reales de las formulaciones defieran de los estimados. Los resultados obtenidos sugieren que la diferencia en contenido de grasa de las formulaciones o el perfil de ácidos grasos presentes afectaron el contenido de grasa intramuscular de las carnes evaluadas.

Apple (2002), determinó que el aumentar el porciento de grasa en la dieta del cerdo independientemente del sexo del animal, aumentará el porciento de la grasa intramuscular en la carne de éste. Esto puede deberse a que, en el cerdo, muchos de los ácidos grasos en la dieta son absorbidos intactos a través de la membrana del intestino y se depositan directamente en la grasa del músculo, por lo tanto, la composición y cantidad de los depósitos de grasa está estrechamente relacionada con la composición de ácidos grasos de la grasa de la dieta (Ellis y McKeith, 2010).

5.1.2 pH:

La dieta con harina de semilla de palmillo (0 vs. 2.5%) ofrecida a las cerdas

jóvenes en interacción con el peso promedio de matanza (120 vs. 200 lbs) tuvo un efecto significativo ($P<0.05$) sobre el pH final de la carne. Las cerdas que se llevaron a un peso promedio de matanza de 120 libras, consumiendo una dieta concentrada a base de maíz y 0% de harina de palmillo, presentaron un pH final promedio más alto en la carne comparado con las que consumieron una dieta con 2.5% de harina de palmillo (6.02 ± 0.09 y 5.74 ± 0.06 , respectivamente) (Tabla 5) .

Tabla 5. Efecto de la interacción de la dieta con harina de palmillo (0 vs 2.5%) y el peso al momento de matanza (120 vs. 200 lbs) sobre la característica de pH (medias de cuadrados mínimos (MCM) $\pm$ error estándar (EE))

Interacción entre variable		pH
Dieta (% palmillo)	Peso de matanza	MCM $\pm$ EE
0%	120	6.02 ± 0.09^b
2.5%	120	5.74 ± 0.06^a
0%	200	5.85 ± 0.05^b
2.5%	200	5.98 ± 0.05^b

^{a,b} Letras diferentes en la misma fila para el mismo factor son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Por el contrario no se observó efecto estadísticamente significativo en los factores principales evaluados. El pH final es un factor importante en la calidad de la carne ya que afecta las características organolépticas de la carne.

Las cerdas de 120 libras que se alimentaron con una dieta con 0% de harina de palmillo, se presentaron un pH relativamente alto de 6.02 ± 0.09 . Según la literatura, carnes con alto contenido de grasa intramuscular contienen un pH alto (Spencer et al., 2005). En el presente estudio, la condición que resultó en el mayor contenido de grasa intramuscular fue precisamente esta (120 libras y 0% de harina de palmillo).

En las cerdas jóvenes que se alimentaron con 2.5% de harina de palmillo donde se presentó una diferencia significativa ($P < 0.05$) en la interacción en peso de animal y dieta de harina de palmillo sobre el pH final, se observó una diferencia en pH final de la carne entre los pesos promedio de matanza (120 vs 200 lbs). Las cerdas con peso promedio de matanza de 120 lbs presentaron un pH menor (5.74 ± 0.06) comparado con las cerdas con peso promedio de matanza de 200 lbs (5.98 ± 0.05). Siendo las cerdas de mayor peso de matanza las que obtuvieron un valor de pH final un poco mayor de los niveles de pH normal esperado en la carne.

Investigaciones como la de Alonso et al., (2012), donde se estudió el efecto de una dieta modificada con grasa (grasa animal, aceite de soya y aceite de palma) sobre las características de la carne de cerdo, no se observaron diferencias significativa en el pH final de la carne. Por lo contrario, Spencer et al., (2005), observaron que al ofrecer una dieta alta en grasa en un ambiente caliente, disminuye el potencial glucolítico al momento de la matanza y así mantienen el pH del músculo alto. Basado en lo antes mencionado, se puede decir que el contenido de glucógeno en el músculo al momento de la matanza es un factor importante que influye en el pH final.

5.1.3 Materia seca (MS) y Humedad (H):

No se observó efecto significativo en la interacción de la dieta y el peso de matanza sobre la materia seca y humedad.

El peso de matanza tampoco ejerció un efecto significativo en el contenido de materia seca y humedad de la carne.

Se observó un efecto significativo ($P \leq 0.05$) del consumo de una dieta con harina de palmillo (2.5%) sobre la materia seca y humedad de carne de cerdo evaluada (Tabla 6). Las cerdas que consumieron una dieta en base de maíz sin sustitución alguna con harina de palmillo (0% palmillo) presentaron $27.66 \pm 0.18\%$ MS ($72.34 \pm 0.18\%$ H) en la carne producida, mientras que las cerdas jóvenes que se alimentaron con una dieta con harina de palmillo (2.5%) presentaron $26.93 \pm 0.14\%$ MS ($73.07 \pm 0.14\%$ H) en la carne. Es decir, en las cerdas en dieta de 0% de harina de palmillo presentaron mayor cantidad de materia seca (menor humedad) que en las cerdas con 2.5% de harina de palmillo.

Añadir un suplemento rico en lípidos a la dieta de los cerdos afecta directamente el contenido de grasa que se aloja en el músculo del animal (Faucitano et al., 2003). Se puede inferir que al cambiar la cantidad de grasa intramuscular en términos porcentuales, se alteran los niveles (porcentuales) de los demás componentes del músculo como lo son la proteína, carbohidratos, minerales y agua. Este hallazgo apoya la hipótesis de que la formulación control tenía un mayor contenido de grasa que la formulación con palmillo.

5.1.4 Capacidad de retención de agua (CRA):

La interacción de la dieta con harina de palmillo y el peso al momento de matanza no tuvo efecto estadísticamente significativo sobre la capacidad de retención de agua ($P > 0.05$).

Se observó un efecto estadísticamente significativo ($P < 0.001$) por el consumo de una dieta con harina de palmillo (2.5%) sobre la capacidad de retención de agua en la

carne de cerdas (Tabla 6). Aquellas cerdas a las que se le ofreció una dieta con harina de palmito (2.5%) produjeron carne con menor capacidad de retener agua (2.38 ± 0.04). La capacidad de retención de agua es un factor importante que contribuye a la jugosidad de la misma ya que, a mayor jugosidad, menor valor de CRA y este resulta en una mayor capacidad de retención de agua (Gunenc, 2007). Podemos deducir que las cerdas que consumieron una dieta con 0% de harina de palmito, al tener una retención de agua mayor, será más jugosa que en las cerdas que se alimentaron con 2.5% de harina de palmito. Sin embargo, en términos prácticos, estos valores no son tan lejanos uno del otro y puede ser que en pruebas de catado no se perciba un efecto marcado en la jugosidad de la carne.

Esta tendencia es similar a lo observado por Kerth (2013), quien encontró que dietas altas en grasa resultaron en una carne de alto pH y alta capacidad de retención de agua en la carne. Es decir, que al bajar el pH, la miofibrilla muscular se contrae reduciendo el espacio donde el agua puede residir y así se reduce la capacidad de retención de agua en las proteínas de la carne (Huff-Lonergan y Lonergan, 2005).

En las cerdas con peso de matanza promedio de 200 lbs se observó que las carnes presentaron menor por ciento de grasa intramuscular y menor capacidad de retención de agua (CRA; $r=0.29$, $P<0.001$). Esta relación indicaría que la carne de estas cerdas, al tener un aumento en la retención de agua, será más jugosa.

La capacidad de retención de agua tiene el poder de influir la jugosidad de la carne cocida ya que una carne con baja capacidad de retención de agua, al pasar por el proceso de cocción, tendrá una pérdida excesiva de líquidos propios en ella y

resulta, en una carne más seca y menos succulenta (Warriss, 2010). Según Rosenvold (2003), una carne que presenta un alto pH, tendrá una capacidad de retención de agua mayor. Esta tendencia se puede observar en la presente investigación, donde la carne con pH altos presentó una capacidad de retención de agua mayor.

5.1.5 Terneza objetiva (WBS):

La interacción de la dieta con harina de palmillo y el peso al momento de matanza no presentó efecto estadísticamente significativo sobre la terneza objetiva utilizando el equipo de WBS. También se pudo observar que los factores principales como la dieta y el peso de la matanza no tuvieron efecto estadísticamente significativo ($P > 0.05$) sobre la terneza de la carne medida utilizando el método WBS. Esto es similar a lo observado en estudios, como el de Spencer et al., (2005), donde se le ofreció una dieta alta en grasa a los cerdos, tampoco encontraron diferencias significativas en la terneza de la carne. Éste efecto también fue observado en el estudio de Alonso et al., (2012). Wood et al., (1999) indica que dietas con alto contenido de energía y bajo contenido de proteína resultan en carnes más tiernas que contienen alto contenido de grasa intramuscular alta. En la presente investigación, se pudo observar que los valores de WBS se mantuvieron por debajo de 3.6 lbs.

En los animales evaluados, indiferente al peso de matanza (120 vs 200 lbs) o al consumo de una dieta con harina de palmillo (0 vs. 2.5%) se observó una relación estadísticamente significativa ($r = -0.69$, $P < 0.0001$) entre el pH final de la carne y la terneza de la misma. La tendencia observada fue que a valores más altos de pH final,

el valor de WBS será menor. Es decir, valores altos de pH final tendrá una relación positiva en la terneza de la carne (Bidner et al., 2004).

Tabla 6. Efecto de la dieta con harina de palmillo (0 vs 2.5%) y el peso de matanza (120 vs 200 lbs) sobre las características analizadas en la carne de cerdas (Medias de cuadrados mínimo y error estándar).

Características en la carne	Dieta (%)		Peso (lbs)	
	0	2.5	120	200
Grasa Intramuscular (%) BH	1.35 ± 0.03 ^a	1.23 ± 0.02 ^b	1.28 ± 0.03	1.28 ± 0.02
pH	5.94 ± 0.05	5.86 ± 0.04	5.88 ± 0.06	5.92 ± 0.04
CRA	2.13 ± 0.06 ^a	2.38 ± 0.04 ^b	2.31 ± 0.06	2.20 ± 0.04
WBS (lbs)	3.35 ± 0.25	3.53 ± 0.19	3.53 ± 0.26	3.35 ± 0.18
MS (%)	27.66 ± 0.18 ^a	26.93 ± 0.14 ^b	27.50 ± 0.18	27.09 ± 0.12
Humedad (%)	72.34 ± 0.18 ^a	73.07 ± 0.14 ^b	72.50 ± 0.19	72.91 ± 0.13

^{a,b} Letras diferentes en la misma fila para el mismo factor son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

5.1.6 Diferencias en características analizadas en el músculo *Longissimus dorsi* (LD).

Al evaluar el efecto de la dieta (0 vs 2.5%) y el peso de matanza (120 vs 200 lbs) sobre las características analizadas (MS, H, pH y CRA) en la carne de las cerdas, se observó una diferencia significativa ($P < 0.001$) en las muestras de carne del músculo LD de cerdas, tomadas a la altura de la primera, décima y última Costilla (Tabla 7).

Al medir el porciento de materia seca, se observó que la carne a la altura de la décima costilla obtuvo valores significativamente más altos ($27.71 \pm 0.19\%$) que los de la primera ($27.09 \pm 0.19\%$) y última costilla ($27.07 \pm 0.19\%$). Así mismo, el por ciento de humedad de la carne a la altura de la décima costilla ($72.29 \pm 0.19\%$) fue significativamente menor a los de la primera ($72.90 \pm 0.19\%$) y última costilla ($72.92 \pm 0.19\%$). Por lo que podemos inferir que la carne a la altura de la décima costilla fue más afectada que las otras posiciones dentro del musculo LD.

Tabla 7. Medias de cuadrados mínimos y error estándar de las características analizadas en relación a la posición (P vs D vs U) del músculo LD de donde se obtuvieron las muestras de carne.

Característica en la carne	Posición (Costilla)			
	Primera (P)	Décima (D)	Última (U)	Valor P
MS (%)	27.09 ± 0.19^a	27.71 ± 0.19^b	27.07 ± 0.19^a	0.0324
Humedad (%)	72.90 ± 0.19^a	72.29 ± 0.19^b	72.92 ± 0.19^a	0.0324
pH	6.02 ± 0.06^a	$5.90 \pm 0.06^{a,b}$	5.78 ± 0.06^b	0.0015
CRA	2.15 ± 0.06^a	2.44 ± 0.06^b	2.19 ± 0.06^a	0.0125

^{a,b} Letras diferentes en la misma fila son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.001$).

En cuanto al pH final, se observó en la carne a la altura de la primera costilla (6.02 ± 0.06) valores significativamente más altos que la carne a la altura de la décima (5.90 ± 0.06) y última costilla (5.78 ± 0.06). En la característica analizada de capacidad de retención de agua, se pudo observar que la carne a la altura de la décima costilla

presentó un valor significativamente más alto (2.44 ± 0.06) comparado con las otras dos posiciones en el músculo LD. Podemos inferir que la carne a la altura de la décima costilla tendrá una capacidad de retención de agua menor y por resultado, una carne menos jugosa.

No hubo diferencia significativa para las características de terneza objetiva y grasa intramuscular en la carne en las diferentes posiciones del músculo LD de donde se obtuvieron las muestras. De estos resultados y tendencias podemos inferir que la carne a la altura de la décima costilla debe ser menos jugosa que las otras posiciones en el músculo LD. En términos prácticos, estos valores se mantuvieron dentro de los parámetros para una carne de óptima calidad (según se explicará más adelante).

5.2 Grupo 2: Efecto de la dieta y el sexo sobre las características de la carne en cerdos de 120 lbs.

Interacciones significativas ($P \leq 0.001$) entre la dieta y el sexo de los cerdos fueron observadas para: pH y CRA (Tabla 9). Esto fue contrario a lo encontrado por Morales et al., (2011), donde al evaluar el efecto del sexo y líneas de cerdos sobre las características de la canal o carne de cerdo, las interacciones no fueron significativas.

Los factores principales de la dieta (0 ó 2.5% de harina de palmillo) y el sexo (macho castrado o hembra) no produjeron efectos significativos en las características de la carne de cerdos evaluadas (Tabla 8, $P > 0.05$).

5.2.1 pH

La interacción de la dieta con harina de palmillo y el sexo del animal fue significativo ($P \leq 0.05$) para pH (Tabla 9). Entre las hembras, el pH final (6.02 ± 0.08 vs. 5.74 ± 0.05) fue mayor en la carne producida por las cerdas que consumieron una dieta concentrada en base de maíz con 0% harina de palmillo comparado con las hembras que se alimentaron con una dieta con 2.5% de harina de palmillo. En las hembras a las cuales se le ofreció una dieta con palmillo (2.5%), no se observó efecto significativo en el pH final (5.74 ± 0.05) en comparación con los machos castrados a los cuales se le ofreció la dieta concentrada con 0 ó 2.5% de harina de palmillo (5.83 ± 0.06 vs 5.87 ± 0.06) ($P > 0.05$). Al comparar los cerdos que se le ofreció una dieta con 2.5% de harina de palmillo, se pudo observar que los machos castrados obtuvieron un pH mayor que las hembras (5.87 ± 0.06 vs 5.74 ± 0.05). Se puede observar que a un pH mayor, esta carne tendrá una capacidad de retención de agua mayor y esto nos indica que será una carne más jugosa a la hora de cocción.

Spencer et al., (2005), observaron que el suplir una dieta alta en grasa tendrá un efecto sobre el potencial glucolítico, haciendo que éste disminuya más lentamente y así el pH se mantiene más alto. Esto se debe que los cerdos tienen una reserva de glucógeno baja y ésta no es lo suficiente para disminuir el valor de pH a uno adecuado dentro de los rangos óptimos de pH. En el caso de las hembras de ésta investigación se pudo observar este efecto. Al añadir harina de palmillo en la dieta de las cerdas, el pH final de la carne fue menor. Según el análisis de la formulación hecho en la presente investigación, la dieta control tendrá más contenido de grasa y por resultado, tendrá un mayor pH.

No se observó diferencia significativa ($P>0.05$) entre los diferentes sexos con respecto al pH en la presente investigación. Tampoco se observó un efecto atribuible a la dieta de los cerdos. Contrario a esta investigación, Zimmerman (2008), indicó que las hembras presentan valores de pH más bajos que los machos castrados y sugiere que esto se debe a que las hembras depositan más grasa y son menos susceptibles al estrés por cambios de temperatura *antemortem* que los machos. La deposición de grasa podría estar relacionada con la acción protectora que tiene el tejido adiposo en relación al frío. Basándose en esto, a temperaturas más elevadas en el proceso de establecer el rigor mortis, se podría acelerar el metabolismo muscular y la mayor caída del pH (Zimmerman, 2008).

5.2.2 Capacidad de retención de agua (CRA)

Se encontró un efecto significativo ($P<0.01$) en la interacción de la dieta con harina de palmillo (2.5%) y el sexo (machos castrados vs hembras) sobre la capacidad de retención de agua (Tabla 9). Se pudo observar que las hembras a las que se les ofreció una dieta a base de maíz con 0% con harina de palmillo, presentaron un valor de CRA de 2.17 ± 0.10 . Mientras que las hembras a las que se le ofreció una dieta con harina de palmillo (2.5%) presentaron un valor de CRA de 2.46 ± 0.07 ($P<0.01$) (Tabla 9).

Para los machos castrados que consumieron dieta en base a maíz con 0% de harina de palmillo (2.37 ± 0.07 ; $P<0.01$) comparado con los que consumieron la dieta de harina de palmillo (2.5%) (2.09 ± 0.07), aumentó la capacidad de retención de agua. En cambio cuando los cerdos consumieron una dieta con harina de palmillo (2.5%), se

observó que las hembras obtuvieron un valor de CRA más bajo (2.46 ± 0.07 ; $P < 0.05$) que los machos castrados (2.09 ± 0.07). Esto indica que estadísticamente, estos machos castrados que consumieron una dieta con 2.5% harina de palmillo tendrán una carne más jugosa.

Investigaciones como la de Díaz et al., (2010), donde se ofreció un 20% de palmillo en la dieta, no se encontró efecto significativo sobre la capacidad de retención de agua. Gunenc (2007), indica que al alterar la dieta del cerdo puede observarse un cambio en la composición de los ácidos grasos en el músculo del animal, lo cual resulta en un efecto en la estabilidad de la membrana muscular, los procesos de oxidación y posiblemente en la capacidad de retención de agua.

Los efectos principales (sexo y dieta del cerdo) no presentaron efectos significativos sobre la capacidad de retención de agua ($P > 0.05$). Según Medel y Fuentetaja (2000), las canales de machos castrados ofrecen mejor cualidades organolépticas que las hembras, aunque esto depende de la línea genética y el peso al sacrificio. Todo factor que afecte el depósito de grasa en la carne afectará más a los machos castrados que a las hembras y, por tanto, afectará la calidad de la carne. Se puede inferir que la capacidad de retención de agua en las carnes de los machos castrados fue mejor y esta resultará en una carne más jugosa. Este efecto confirma lo encontrado por Medel y Fuentebaja (2000), donde determinan que los machos castrados ofrecen una ligera mejoría en la calidad organoléptica, en este caso la jugosidad de la carne, aunque no es muy elevada y no es siempre detectable.

5.2.3 Grasa intramuscular (GI)

Los datos obtenidos no presentaron diferencias significativas con ninguno de los factores o su interacción. A diferencia de lo encontrado en la presente investigación, Mas et al., (2010), observaron que los niveles de GI resultaron significativamente diferentes (1.24% vs 0.95%) en el músculo LD de cerdos machos castrados y hembras, respectivamente. Éstos científicos adjudicaron esta diferencia a los cambios hormonales en los animales, ya que los machos castrados al no producir testosterona, necesaria para la síntesis de proteína, aumentan el depósito de grasa intramuscular.

5.2.4 Terneza objetiva (WBS)

La interacción entre la dieta y el sexo del animal no presentó un efecto significativo sobre la terneza medida con el WBS.

No se observó un efecto significativo de la dieta con harina de palmillo sobre la terneza objetiva medida por el método de WBS (Tabla 8). En la presente investigación podemos observar que estos valores de terneza objetiva por el método de WBS fueron valores bajos en ambas dietas, los cuales indican que la carne del cerdo será tierna. No obstante, si se puede apreciar una tendencia que va de acuerdo con el contenido de grasa de las formulaciones. Según van Laack et al., (2001), establece que el aumentar el contenido de grasa intramuscular afectaría positivamente la terneza de la carne. En este caso, podemos observar lo contrario. Mientras aumenta el porciento de grasa intramuscular resulta en una carne menos tierna. Por otro lado, hay que tomar en consideración que adicional al contenido de grasa intramuscular, el tejido conectivo y las estructuras miofibrilares van a determinar la terneza de la carne.

Según investigaciones, los machos castrados, en comparación con las hembras, tienden a presentar mejores valores de terniza ya que tienen canales con más grasa subcutánea al igual que intramuscular (Bereskin et al., 1978; Edwards et al., 2006; Latorre et al., 2003), pero éste efecto no se observó en la presente investigación.

Al comparar hembras con machos castrados, la mayoría de las investigaciones reportan que la carne procedente de hembras tiene una fuerza de corte mayor que la procedente de machos castrados (Fortin et al., 2005; Piao et al., 2004). En el caso de los cerdos que se les ofreció un concentrado con harina de palmillo (2.5%), se observó que al comparar hembras y machos castrados, las hembras presentaron un valor de WBS mayor que los machos castrados aunque dicha diferencia no fue significativa. Esto indica que se requiere más fuerza para poder romper las miofibrillas de la carne y resulta en una carne menos tierna.

Woods et al., (2003), determinó que el contenido de grasa intramuscular es reconocido como un factor que afectará la terniza y la jugosidad en la carne. Esto se debe a que existe un efecto positivo de los lípidos y la terniza, los lípidos actúan en la separación de las fibras del músculo y así, aumenta la terniza de este músculo. Estos lípidos también atrapan la humedad en el músculo, mejorando la jugosidad en la carne. También se encontró que en las hembras al igual que los machos castrados, existe una relación estadísticamente significativa entre el pH y la terniza objetiva (Hembras: $r = -0.66$, $P < 0.0001$; Machos castrados: $r = -0.77$, $P < 0.0001$), donde a mayor pH, menor será el valor de WBS; resultando así una carne más tierna.

Tabla 8. Efecto de la dieta con harina de palmillo (0 vs 2.5%) y el sexo (hembras vs machos castrados) sobre las características analizadas en la carne de cerdos de 120 lbs. (Medias de cuadrados mínimos y error estándar).

Características en la carne	Dieta (%)		Sexo	
	0	2.5	Hembras	Machos castrados
Grasa intramuscular (%) BH	2.35 ± 0.17	2.19 ± 0.14	1.75 ± 0.17	1.80 ± 0.14
pH	5.93 ± 0.20	5.80 ± 0.04	5.87 ± 0.05	5.85 ± 0.04
CRA	2.27 ± 0.06	2.27 ± 0.05	2.31 ± 0.06	2.22 ± 0.05
WBS (lbs)	3.59 ± 0.24	3.33 ± 0.19	3.53 ± 0.24	3.38 ± 0.20
MS (%)	28.11 ± 0.23	27.91 ± 0.18	28.28 ± 0.23	27.74 ± 0.19
Humedad (%)	71.89 ± 0.23	72.09 ± 0.18	71.72 ± 0.23	72.26 ± 0.19

Tabla 9. Efecto de la interacción de la dieta con harina de palmillo (0 vs 2.5%) y el sexo (Machos castrados vs Hembras) sobre las características de pH y CRA (medias de cuadrados mínimos (MCM) ± error estándar (EE))

Interacción entre variable		pH	CRA
Dieta (% palmillo)	Sexo	MCM ± EE	MCM ± EE
0%	H	6.02±0.08 ^b	2.17±0.10 ^{a,c}
2.5%	H	5.74±0.05 ^a	2.46±0.07 ^b
0%	M	5.83±0.06 ^b	2.37±0.07 ^{a,b}
2.5%	M	5.87±0.06 ^b	2.09±0.07 ^c

^{a,b,c} Letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (P<0.05)
H: Hembras; M: machos castrados

5.2.5 Diferencias en características analizadas en el músculo *Longissimus dorsi* (LD)

No se observó ningún efecto estadísticamente significativo para las variables de materia seca y humedad lo cual indica que la dieta (0 vs. 2.5%) y el sexo del animal no afectó la carne en estas características analizadas.

Hubo un efecto estadísticamente significativo de la dieta (0 vs 2.5%) y el sexo del animal sobre las características analizadas de pH final y capacidad de retención de agua en la carne de cerdo ($P < 0.01$) observadas en las muestras obtenidas del músculo LD (Tabla 10).

Se observó que el pH final de la carne a la altura de la primera costilla fue significativamente mayor en la última costilla (5.73 ± 0.05). La capacidad de retención de agua en la carne a la altura de la décima costilla resultó ser (2.48 ± 0.07), significativamente diferente a las otras posiciones dentro del músculo LD (Tabla 10). Esto nos lleva a inferir que, la carne obtenida del área de la décima costilla podría ser menos jugosa que aquella en la primera y última costilla.

Tabla 10. Medias de cuadrados mínimos y error estándar de las características analizadas en relación a la posición (P vs D vs U) del músculo LD de donde se obtuvieron las muestras de carne.

Característica en la carne	Posición (Costilla)			
	Primera (P)	Décima (M)	Última (U)	Valor P
MS (%)	28.22 ± 0.25	28.21 ± 0.25	27.59 ± 0.25	0.1311
Humedad (%)	71.77 ± 0.25	71.79 ± 0.25	72.40 ± 0.25	0.1311
pH	5.97 ± 0.05 ^a	5.89 ± 0.05 ^{a,c}	5.73 ± 0.05 ^c	0.0057
CRA	2.17 ± 0.07 ^{a,c}	2.48 ± 0.07 ^b	2.17 ± 0.07 ^c	0.0015

^{a,b} Letras diferentes en la misma fila para el mismo factor son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.01$).

5.3 Calidad de la carne de cerdo

National Pork Producers Council (NPPC) (2001) ha establecido ciertos rangos sobre la calidad de carne de cerdo producida en Estados Unidos para llenar las expectativas del consumidor como una carne de cerdo de calidad óptima. Estos parámetros dependen de la cultura al igual que la localización donde se encuentra el consumidor (Coma y Piquer, 2000). Prácticamente, las líneas de cerdos en PR, al igual que las prácticas de alimentación, son similares a las de Estados Unidos, por ende, la calidad del cerdo producido en Puerto Rico es similar a la de EEUU.

El porcentaje de grasa intramuscular, siendo un factor significativo en las características organolépticas, debe estar entre 2 - 4% (NPPC, 2001). Según Brewer (2001), cortes de carne que contengan menos de 2.5% de grasa intramuscular tienen una alta aceptabilidad para el consumidor ya que su apariencia es más aceptable que la de cortes con alto contenido de grasa intramuscular (3-3.5%). Se pudo observar que los porcentajes promedio de grasa intramuscular de la carne porcina producida en

Puerto Rico se encuentra entre $1.35 \pm 0.03\%$ y $2.25 \pm 0.17\%$. Estos valores se encuentran un poco más bajo de lo establecido por la NPPC pero se entiende que los parámetros para esta característica dependerá de la localización donde se encuentre el consumidor.

Un factor importante en la calidad de la grasa intramuscular del cerdo es su perfil de ácidos grasos. Una dieta alta en ácidos grasos insaturados va a tener un efecto negativo en la carne ya que traerá una grasa más blanda (Fernández-Gines et al., 2005; Rosenvold y Andersen, 2003). Este tipo de grasa se puede observar en carne de cerdos alimentados con concentrado a base de maíz, ya que éste contiene una alta cantidad de ácidos grasos poliinsaturados como por ejemplo, ácido linoleico. Si el alimento concentrado del cerdo fuera solamente maíz, éste resultaría en un tipo de carne que dará dificultad para ser manipulada en productos procesados.

Según la literatura, este cambio de concentraciones de ácidos grasos de poliinsaturados a monoinsaturados tendrá una tendencia a ser una carne con grasa intramuscular más firme (Wood y Enser, 1997). Un beneficio que se puede esperar en la adición de palmillo a la dieta del cerdo es que al tener ácidos saturados y monoinsaturados en mayor cantidad que ácidos poliinsaturados produce una carne con grasa intramuscular más firme.

El pH final de la carne del cerdo debe mantenerse entre 5.6 - 5.9 según NPPC. El pH final será uno de los factores que determinará la terneza de la carne porcina. Se pudo observar que cerdos alimentados con concentrado en base de maíz y cerdos alimentados con adición de harina de palmillo (2.5%) se mantuvieron dentro de estos

rangos. A pesar que se mantuvieron dentro de los rangos establecidos, estos valores fueron altos. Según Van Laack et al., (2001), el pH a valores altos nos indican que la carne porcina será más tierna. El pH final es un factor que influye en las características organolépticas de la carne. Es decir, los valores de capacidad de retención de agua (<2.5) y la terneza medida con el WBS (< 7 lbs) serán manipulados dependiendo del pH de la carne y esto resultará en un cambio de terneza y jugosidad de la carne. Según lo observado en esta investigación, estas características, las cuales fueron analizadas en la carne de cerdo producida en Puerto Rico, se mantienen dentro de los rangos establecidos.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se observaron diferencias asociadas al efecto de la dieta con harina de palmillo (2.5%) para algunas de las variables como materia seca, humedad, grasa intramuscular, pH y CRA, pero éstas no representan efectos negativos en la utilización de la harina de palmillo en la dieta de los cerdos y , por ende, no afecta negativamente la calidad de la carne de cerdo.
- No se encontró diferencia entre las cerdas con peso de matanza de 120 lbs, comparadas con las de peso de matanza de 200 lbs en ninguna de las características de la carne cuando se le añadió harina de palmillo en la dieta.
- Al añadir harina de palmillo a la dieta del cerdo no se observó efecto significativo adverso, ya que aunque se observó una disminución en grasa intramuscular y capacidad de retención de agua, se mantuvo el pH final dentro de los rangos establecidos para una calidad de carne óptima.
- La inclusión de 2.5% de harina de palmillo a la dieta de cerdas, generó un disminución en la grasa intramuscular, cercana a los niveles mínimos de los parámetros ideales de la calidad de carne de cerdo de Estados Unidos, lo cual es un factor que afecta la terneza y jugosidad de dicha carne.
- Los valores de terneza medidas con WBS, aunque no fueron significativos, con la sustitución de 2.5% de harina de palmillo en la dieta (3.53 ± 0.19 lbs), se mantuvieron mucho más bajos que los ideales (<7 lbs) para ésta característica. Así que se puede deducir que la harina de palmillo no afectó la terneza de la carne.
- Al observar las características de la carne según la posición de donde fue tomada la muestra (primera, décima y última costilla), se obtuvo que la carne tomada a la

altura de la décima costilla presenta un pH dentro de los niveles óptimos y un alto valor de capacidad de retención de agua.

- Cuando se evaluó el efecto de la adición de harina de palmillo y el sexo del animal sobre las características de la carne, no se encontró ninguna diferencia significativa entre los sexos, así como tampoco entre la adición o no de dicha harina.
- Se pudo observar que las características de calidad de carne analizadas en esta investigación se mantienen dentro de los parámetros establecidos por el NPPC, excepto el porcentaje de grasa intramuscular que fue menor que el establecido.

En futuras investigaciones se recomendaría aumentar el porcentaje de harina de palmillo en la dieta con el fin de ver el punto máximo en que se puede modificar ésta sin que afecte negativamente la calidad de la carne ni la nutrición del animal. Sería interesante calcular los costos de producción del cerdo bajo esta dieta para evaluar si es costo efectivo su uso. A la misma vez, se recomienda hacer un análisis de perfil de ácidos grasos para reafirmar de manera que podamos analizar el efecto del uso de harina de palmillo sobre el perfil de éstos dentro de la grasa en la carne, como esos son compatibles con los requisitos nutricionales recomendados para el consumo humano. También es importante hacer el análisis de las formulaciones para tener el contenido total de grasa en la dieta, la cual se verá reflejada en la carne. Además, se recomienda hacer una prueba sensorial donde se pueda analizar los resultados con panelistas, con el fin de ver el efecto del uso de harina de palmillo sobre el sabor y color de la carne de cerdos.

7 BIBLIOGRAFÍA

Aberle, E. D., J. C. Forrest, D. E. Gerrard, y E. W. Mills. 2001. Principles of Meat Science. 4th ed. Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, IA.

Abeledo C., I. Santana, I. Perez y F. Brache. 2004. Rasgos de comportamiento y canal de cerdos criollo y CC21 alimentados con palmiche como única fuente de energía. Revista computadorizada de producción porcina. 11(2):97-105.

Alarcon Rojo A.D., J.O. Duarte-Atondo, F.A. Rodríguez Almeida, y H. Janacua-Vidales. 2005. Incidencia de carne pálida, suave-exudativa (PSE) y oscura-firma-seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México. Técnica Pecuaria en México 43 (3): 335-346.

Alonso, V., L. Najes, L. Provincial, E. guillen, M. Gil, P. Roncales, J. Beltran. 2012. Influence of dietary fat on pork eating quality. Meat Science. 92(4):366-372.

Apple, J.K. 2002. Nutritional effects on pork quality in swine production. National swine nutrition guide. <http://www.usporkcenter.org/home/projects/national-swine-nutrition-guide.aspx>.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2007. "Official Methods of Analysis." Assoc. Official Analytical Chemists, 18th ed., Washington, D.C.

Bereskin, B., D. K. Rough y R. J. Davey. 1978. Some factors affecting the evaluation of pork quality. J. Anim. Sci. Vol. 47, No. 2. 389-397.

Bertram, H. C., A. H. Karlsson, y H. J. Andersen. 2003. The significance of cooling rate

- on water dynamics in porcine muscle from heterozygote carriers and non-carriers of the halothane gene—a low-field NMR relaxation study. *Meat Science*. 65: 1281–1291.
- Bidner, B.S., M. Ellis, M.S. Brewer, D. Campion, E.R. Wilson y F.K. McKeith. 2004. Effect of ultimate pH on the quality characteristics of pork. *Journal of Muscle Foods*. 15:139-154.
- Boler, D.D., A.C. Dilger, B.S. Bidner, S.N. Carr, J.M. Eggert, J.W. May, M. Ellis, F.K. McKeith y J. Killefer. 2010. Ultimate pH explains variation in pork quality traits. *J Muscle Foods* 21:119–30.
- Borja E. y P. Mendel. 1998. Lechones y cerdos de engorde. *Avances en la alimentación del porcino*. págs. 261-312.
- Brashear, G. L., R. M. Strode, G. Smith, M. S. Culbertson, M. Ellis y F. K. McKeith. 2000. Characterization of the quality attributes of fresh pumped pork loins. 53rd Annual Reciprocal Meat Conference, Ohio.
- Brewer, S. 2001. Consumer attitudes towards color and marbling of fresh pork. *Facts: Pork Quality*. National Pork Board. #04520. <http://www.pork.org/filelibrary/Factsheets/PorkScience/CONSATTITCOLRMARB04520.pdf>.
- Bryhni, E.A., D.V. Byrne, y M. Rodbotten. 2003. Consumer and sensory investigations in relation to physical/ chemical aspects of cooked pork in Scandinavia. *Meat Science*, 65:737-748.
- Buege, D. 2001. Variation in Pork Lean Quality. *Facts: Pork Quality*. National Pork Board #04522. <http://www.pork.org/filelibrary/Factsheets/PorkScience/q-variationinporklean04522.pdf>.

- Cannata, S., T. Engle, S. Moeller, H. Zerby, P. Bass y K. Belk. 2009. Intramuscular fat and sensory properties of pork loin. *Ital. J. Anim. Sci.* vol.8(2):483-485.
- Carvajal, G. 2001. Valor nutricional de la carne de: res, cerdo y pollo. Corporación de Fomento ganadero. San Jose, Costa Rica.
- Casas, A. 2011. Empresa de Producción de Carne: Informe 2009-2010. Estación Experimental Agrícola UPR- RUM.
- Coma, J. y J. Piquer. 2000. Calidad de la carne en porcino: efecto de la nutrición. XV Curso de especialización FEDNA, Madrid, España, pp. 199–222.
- Corino, C., S. Magni, E. Pagliarini, R. Rossi, G. Pastorelli y L. M. Chiesa. 2002. Effects Of dietary fats on meat quality and sensory characteristics of heavy pig loins. *Meat Science*. 60(1):1-8.
- Correa, J.A., L. Faucitano, J.P. Laforest, J. Rivest, M. Marcoux y C. Gariépy. 2005. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates. *Meat Science*. 72: 91-99.
- Departamento de Economía Agrícola y Sociología Rural. 2002. Cerdos: Empresas Agrícolas de Puerto Rico: Situación y perspectiva. Estación Experimental Agrícola, UPR: Recinto Universitario de Mayagüez. pp. 173-182.
- Departamento de Agricultura del Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Oficina de Estadísticas Agrícolas. 2010. Estimado del consumo de productos agrícolas seleccionados. http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/LinkClick.aspx?Fileticket=xrzR4-Ffw_U%3d&tabid=186
- Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. 2012. Calidad de la carne. Producción y Sanidad Animal. <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/>

quality_meat.html.

Díaz C., Batista R., F. Grageola, C. Lemus y J. Ly. 2010. Patrón de consumo de cerdos Criollo Cubano alimentados con palmiche (*Roystonea regia* B.H.K, Cook). Livestock Research for Rural Development. Vol 22, Article #41.

Du, W. 2001. Pork Quality Assurance Program Lead/OMAFRA. Ministry of agriculture Food and rural Affairs.http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/swine/facts/info_qs_meatph.htm.

Dugan, M. E. R., J. L. Aalhus y B. Uttaro. 2004. Nutritional Manipulation of Pork Quality: Current Opportunities. *Advances in Pork Production*. 15: 237-243.

Eagerman, B. A., F. M. Clydesdale y F. J. Francis. 1977. Determination of fresh meat color by objective methods. *Journal of Food Science*. 42(3): 707-710.

Edwards, D. B., R. J. Tempelman y R. O. Bates. 2006. Evaluation of Duroc- vs. Pietrain-sired pigs for growth and composition. *J. Anim. Sci.* 84:266–275.

Ellis, M. y F. McKeith. 2010. Nutritional influences on pork quality. National Pork Board/ American Meat Science Association Fact Sheet.

Faucitano, L., J. Rivest, J. Levesque y C. Gariépy. 2003. Distribution of intramuscular fat content and marbling within the Longissimus muscle of pigs. *Canadian Meat Science Association News*. pp16-18.

Fernández-Gines, J. M., Fernández-López, J., Sayas-Barbera, E., y J. A. Pérez-Álvarez, 2005. Meat products as functional foods: a review. *Journal of Food Science*, 70, R37–R43.

- Fischer, K. 2005. Consumer-relevant aspects of pork quality. *Animal Science Papers and Reports*. 23(4): 269-280.
- Font, M. 2002. La Androstenona: Hormona responsable del mal olor de la carne. España. www.3tres3.com.
- Fortin A., W.M. Robertson y A.K.W. Tong. 2005. The eating quality of canadian pork and its relationship with intramuscular fat. *Meat Science* 69 (2005) 297–305.
- Francis, J. K. 1992. *Roystonea borinquena* O.F. Cook. Puerto Rican Royal Palm. SOITF-SM-55. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.
- García, P. 2004. Aspectos nutricionales de la carne porcina. Curso de producción de carne porcina y alimentación humana. Fanus. http://www.uccuyosl.edu.ar/pdf/veterinaria_cuyana/4/05_Garcia_Teresa.pdf
- Gunenc, A. 2007. Evaluation of pork meat quality by using water holding capacity and vis-spectroscopy. Tesis M.S. McGill University, Montreal, Quebec, Canada. 100 pp.
- Grunert, K. G., Bredahl, L., y Brunsø, K. 2004. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector—a review. *Meat science*, 66(2), 259-272.
- House, J. 2010. The effect of diet on measures of pork quality- considerations for meat quality through good nutrition. Department of Animal Science, The University of Manitoba, Winnipeg, MB.
- Hoffman, K. R. Hamm y E. Bluchel. 1982. Determinacion de la capacidad de retención de agua utilizando método de papel de filtro. *Fleischwirtsch*. 62: 87-92.

- Huffman, K. L., M. F. Miller, L. C. Hoover, C. K. Wu, H. C. Brittin y C.B. Ramsey. 1996. Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. *Journal of Animal Science*. 74:94, 96.
- Huff-Lonergan, E. y S. Lonergan. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science* 71: 194–204 .
- Jansen ML. 2001. Determination of meat pH - temperature relationship using ISFET and glass electrode instruments. *Meat Sci.* vol. 58(2):145-50.
- Jeremiah, L. E. 2001. Marbling and pork tenderness. Facts: pork quality. National pork Board #04310. <http://www.pork.org/filelibrary/Factsheets/PorkScience/q-colorandmarb04310.pdf>.
- Kauffman, R. G., Z. L. Carpernter, R. W. Bray y W. G. Hoekstra. 1964. Biochemical Properties of Pork and Their Relationship to Quality I. pH of Chilled, Aged and Cooked Muscle Tissue a, b. *Journal of Food Science*. 29(1): 65-69.
- Kauffman, R. G., Eikelenboom, G., Van der Wal, P. G., Engel, B., & Zaar, M. 1986. A comparison of methods to estimate water-holding capacity in post-rigor porcine muscle. *Meat Science*, 18(4): 307-322.
- Kerth, C. R. 2013. Chapter 6: Meat tenderness. *The science of meat quality*. ed C. R. Kerth, John Wiley & Sons, Inc., Oxford, UK.
- Koohmaraie, M., S.D. Shackelford y T.L. Wheeler. 2000. Las bases biológicas de la terneza de la carne. Sitio argentino de producción animal.
- Latorre M. A., R. Lázaro, M. I. Gracia, M. Nieto y G. G. Mateos. 2003. Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality

- of pigs slaughtered at 117 kg body weight. Meat Science 65:1369–1377.
- Lonergan, S.M., K.J. Stalder, E. Huff-Lonergan T.J., Knight, R.N. Goodwin, K.J. Prusa y D.C. Beitz. 2007. Influence of lipid content on pork sensory quality within pH classification. Journal of Animal Science 85, 1074–1079.
- Ly, J. 2008. Palmiche y cerdos criollos: una combinación amiga. El cerdo criollo cubano. Boletín técnico porcino. Numero 7.
- Ly, J. 2009. Digestibilidad in vitro(Fecal) de semillas de la palma real (*Roystonea regia* H BK COOK) y el coco (*Cocos nucifera* L.) para cerdos. Revista Computarizada de Producción Porcina. 16(3): 199-203.
- Ly, J. 2010. La palma real, mitos y realidades. Palma real y palmiche para producción porcina. Boletín técnico porcino. Numero 12. <http://www.iip.co.cu/BTP/BTP%2012%20Palmiche%20digital.pdf>.
- Mas, G. , M. Llavall, D. Coll, R. Roca, I. Diaz, M. Gispert, M.Llavall, M.A.Oliver, y C.E.Realini. 2010. Carcass and meat quality characteristics and fatty acid composition of tissues from Pietrain-crossed barrows and gilts fed an elevated monounsaturated fat diet. Meat Science, 85: 707–714.
- Mancias, M. 2010. Palmiche para cerdos: como y porque. El cerdo criollo cubano. Boletín técnico porcino. Numero 12. <http://www.iip.co.cu/BTP/BTP%2012%20Palmiche%20digital.pdf>.
- Marriott, N., y M. W. Schilling. 2002. Utilization of Pale, Soft and Exudative Pork. Facts Pork Quality. National Pork Board #04671. <http://www.pork.org/filelibrary/Factsheets/PorkScience/QUTILIZATION%20OF%20PSE04671.pdf>.
- Moeller, S. J., R.K. Miller, K.K. Edwards, H.N. Zerby, K.E. Logan, T.L. Aldredge, C. A.

- Stahl, M. Boggess y J. M. Box-Steffensmeier. 2010. Consumer perceptions of pork eating quality as affected by pork quality attributes and end-point cooked temperature. *Meat Sci.* 84:14-22.
- Morales, J. I., L. Cámara, J. D. Berrocoso, J. P. López, G. G. Mateos y M. P. Serrano. 2011. Influence of sex and castration on growth performance and carcass quality of crossbred pigs from 2 Large White sire lines . *J ANIM SCI.* 89:3481-3489.
- Moreno, D. B. 2008. Prevención del sobrepeso y carne de cerdo. El exceso de peso y su repercusión en la salud. En: *Carne de cerdo y alimentación saludable.* #11.
- NPPC Pork Quality Solutions Team, 2001. Facts: Pork Quality Targets. National Pork Board. American Meat Science Association. #04366.
- Norman J.L., E.P. Berg, H. Heymann, C.L. Lorenzen. 2003. Pork loin color relative to sensory and instrumental tenderness and consumer acceptance. *Meat Sci.* 65: 927–933.
- Omojola, A. B., S. S. Fagburo y A. A. Ayeni. 2009. Cholesterol content, physical and sensory properties of pork from pigs fed varying levels of dietary garlic (*Allium sativum*). *World Applied Sciences Journal* 6(7): 971-975.
- Oyagüe, J.M. 2007. Estabilidad del color de la carne fresca. *NACAMEH.* 1(1):67-74.
- Peinado, B., L. Almela, N. Duchi, y A. Poto. 2009. Parámetros de calidad en la canal y en la carne de cerdo Chato Murciano. *Eurocarne.* 173: 64-80.
- Patience, J., R. Zijlstra, L. Whittington y K. Engele. 2002. Feeding facts: Corn. *Prairie Swine centre.* # 080202.
- Pelatti, L. 2012. Agricultura asigna \$3.5 millones para compensar el alza del precio de

los alimentos. www.sincomillas.com.

Peluffo F y M. Monteiro Rodríguez. 2002. Terneza: Una característica a tener en cuenta. Ins. Plan. Agropecuario Uruguay. http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R103/R103_18.pdf.

Pettigrew J. E. y M. A. Esnaola. 2001. Swine nutrition and pork quality: a review. *Journal of Animal Science*. 79: E316-E342.

Piao, J. R. , J. Z. Tian, B. G. Kim, Y. I. Choi, Y. Y. Kim y L. K. Han. 2004. Effects of Sex and Market Weight on Performance, Carcass Characteristics and Pork Quality of Market Hogs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol 17, No. 10 : 1452-1458.

Pochon, D. O., J. M. Navamuel, H. A. Koslowski, J. A. Picot y O. Balbuena. 2007. Estimación de la aceptibilidad de una dieta con sustitución parcial de maíz por mandioca para cerdos en crecimiento. *Alimentacion de Cerdos. Rev. Vet.* 18(2):106-110.

Roncales, P. 2008. Carne de cerdo: la otra carne blanca. Editorial: Carne y alimentación saludable. Boletín digital núm. 4. http://www.carneysalud.com/v_portal/informacion/informacionver.asp?cod=162&te=98&idage=169.

Rosenvold, K. y H. J. Andersen. 2003. Factors of significance for pork quality—A Review. *Meat Science*. 64 (3): 219.

Ruiz, J. y C. López-Bote. 2005. Alimentación y calidad sensorial de cerdos destinados a la obtención de productos cárnicos de calidad diferenciada. XXI Curso de Especialización FEDNA. Barcelona, 7-8.

Santana, I., C.M. Abeledo, D. Rodríguez, O. Toledo, S. González, F. Delgado, A. León y F. Brache. 2009. Ceba en extenso de cerdos criollo cubano con una dieta

- basada en palmiche. Rev Computadorizada de Producción Porcina.16 (4):267-270.
- SAS Institute. 2009. SAS / STAT guide for personal computers. Version 9.2 edition. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Sarria, A. 2007. Bioquímica nutricional de las proteínas. Nutrición en Pediatría. Cap.6 pag. 61-71.
- Savell, J.W. y S. D. Shackelford. 1992. Postmortem Degradation of muscle protein "Significance of tenderness to the Meat Industry". Reciprocal Meat Conference Proceedings. 45: 44, 45.
- Sosnicki, A. 2009. Pork fat quality. Cutting Edge. PIC. <http://www.pic.com/cms/USA/1189.html>.
- Spencer J. D., A. M. Gaines, E. P. Berg y G. L. Allee. 2005. Diet modifications to improve finishing pig growth performance and pork quality attributes during periods of heat stress. J. Animal Sci. 83:243-254.
- Teran, G. L. Sarmiento, J. Candelario, F. Torres-Acosta y R. Herve. 2004. Comportamiento productivo, características de la canal y peso del tracto gastrointestinal de cerdos alimentados con aceite de palma africana (*Elaeis guineensis*). Tec Pecu Mex. 42(2):181-192.
- Tsai, T. C. y H. W. Ockerman. 1981. Water binding measurement of meat. J. Food Sci., 46: 697-707.
- Warriss, P.D. 2010. Chapter 6: Meat quality. Meat Science: an introductory text. 2nd ed.

Wheeler, T. L., S. D. Shackelford, y M. Koohmaraie. 1997. Standardizing collection and interpretation of Warner-Bratzler shear force and sensory tenderness data. Proc. Recip. Meat Conf. 50:68-77.

Wood, J. D. y M. Enser. 1997. Factors influencing fatty acids in meat and the role of anti-oxidants in improving meat quality. Br. J. Nutr. 78 (Suppl.1):S49-S60.

Wood JD, M. Enser, A. V. Fisher, G. R. Nute, R. I. Richardson y P. R. Sheard. 1999. Manipulating meat quality and composition. Proceedings of the Nutrition Society. 58: 363-370.

Wood, J. D., R. I. Richardson, G. R. Nute, A. V. Fisher, M. M. Campo, E. Kasapidou, P. R. Sheard y M. Enser. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: A review. Meat Sci. 66:21-32.

Van Laack, R. L., S. G. Stevens y K. J. Stalder. 2001. The influence of ultimate pH and intramuscular fat content on pork tenderness and tenderization. Journal of Animal Science. 79(2):392-397.

Zimerman, M. 2008. PH de la carne y factores que lo afectan. Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos. Tandil, Buenos Aires. AR. p. 141-153.

8 APÉNDICES

Apéndice A.1

Contenido nutricional	Palmillo (Semilla)	Maíz
Proteína bruta(%)	7	8
Fibra(%)	57	12-14
Grasa total (%)	20	3-8

Apéndice A.2: Cálculos de balance de masa:

Formulación de la dieta con 0% de harina de palmillo (control):

Contenido de grasa total (maíz) (%)	5
Contenido de maíz en la dieta (%)	68.4
Contenido de aceite de maíz en la dieta (%)	1

$$\text{Contenido de grasa total (control)} = ((0.684 \times 0.05) + 0.01) \times 100$$

$$\text{Contenido de grasa total (control)} = 4.42\%$$

Formulación de la dieta con 2.5% de harina de palmillo:

Contenido de grasa total (maíz) (%)	5
Contenido de maíz en la dieta (%)	66.9
Contenido de grasa total en palmillo (%)	20
Contenido de palmillo en la dieta (%)	2.5

$$\text{Contenido de grasa total} = ((0.669 \times 0.05) + (0.025 \times 0.20)) \times 100$$

$$\text{Contenido de grasa total} = 3.85\%$$