



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“Comportamiento productivo y composición nutricional de la carne de cerdos alimentados con dietas bajas en proteína con diferentes niveles de lisina en etapa de finalización”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

ADALBERTO CONTRERAS DE LA CRUZ

ASESORES:

Dr. Juan Edrei Sánchez Torres

Dr. Ignacio A. Domínguez Vara

Dr. Ernesto Morales Almaráz

Revisores:

Dr. en C. José Luis Borquez Gastelum

IAF. María de Lourdes García Bello



Toluca México, Mayo de 2016.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta productiva, composición nutricional y color de la carne de cerdos alimentados con dietas bajas en proteína y diferentes niveles de lisina en la etapa de finalización. El trabajo se llevó a cabo en el área experimental de la Posta Zootécnica en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Se evaluaron 30 cerdos (Landrace-Duroc; 15 machos y 15 hembras); a cada tratamiento se le asignaron 6 cerdos de forma aleatoria y alojados en jaulas individuales que contenían un comedero y bebedero tipo chupon, cada cerdo fue considerado como unidad experimental (UE). Los tratamientos (T) fueron: T1: Dieta a base de Maíz-Pasta de Soya (cubriendo los requerimientos de lisina por los ingredientes de la dieta), T2: Dieta a base de Maíz-Pasta de Canola (cubriendo los requerimientos de lisina por los ingredientes de la dieta), T3: Dieta a base de Maíz-Pasta de Canola (dieta deficiente en proteína cruda y lisina), T4: Dieta a base de Maíz-Pasta de Canola (dieta deficiente en proteína cruda y lisina, adicionada con 0.11% de lisina sintética) y T5: Dieta a base de Maíz-Pasta de Canola (dieta deficiente en proteína cruda, cubriendo los requerimientos de lisina, adicionada con 0.23% de lisina sintética). El periodo experimental duro 5 semanas, durante el cual los cerdos se pesaron cada semana, para evaluar los parámetros de producción consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y eficiencia alimentaria; concluidas las 5 semanas se procedió al sacrificio de los cerdos y se tomó una muestra del musculo *Longissimus dorsi* para realizar el análisis químico proximal (Proteína Cruda, Extracto Etéreo, Materia Seca y cenizas) según la AOAC (2002), y pH a los 45 minutos, pH 24 horas. También se analizó el color (L^* , a^* , b^* , c^* y H°) en el musculo *Longissimus dorsi* de los cerdos sacrificados. Los resultados en el comportamiento productivo fue similar ($P>0.05$) en las semanas 1, 3, 4 y 5 del experimento. El análisis químico-proximal del musculo *Longissimus dorsi* fue similar ($P>0.05$) en los cerdos que consumieron las 5 dietas. Con respecto al color de la

carne el musculo *Longissimus dorsi* fue similar ($P>0.05$) en todos los tratamientos; el pH a los 45 minutos fue similar ($P>0.05$) en todos los tratamientos a diferencia del pH tomado a las 24 horas en donde la dieta a base de maíz-pasta de canola con el nivel menor de lisina tuvo el valor más bajo ($P>0.05$). El comportamiento productivo, la composición química y color de la carne cerdos alimentados con dietas a base de pasta de soya y pasta de canola con diferentes niveles de lisina es similar.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIAS.....	iii
RESUMEN.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Producción de carne de cerdo en México.....	3
2.2. Consumo de carne de cerdo en México.....	3
2.3. Inclusión de aditivos en el desempeño de los cerdos.....	3
2.4. Principales ingredientes proteicos en la alimentación de cerdos.....	4
2.5. Principales ingredientes energéticos en la alimentación de cerdos.....	5
2.6. Proteína ideal.....	5
2.7. Alimentación con dietas bajas en proteína.....	7
2.8. Diferencias en el comportamiento productivo en cerdos de diferente sexo...8	
2.9. Bienestar animal en el proceso de sacrificio.....	9
2.10. Composición nutricional de la carne de cerdo.....	10
2.11. Color.....	11
3. JUSTIFICACIÓN.....	13
4. HIPÓTESIS.....	14
5. OBJETIVOS.....	15
6. MATERIAL.....	16
7. MÉTODO.....	17
8. LÍMITE DE ESPACIO.....	21
9. LÍMITE DE TIEMPO.....	22
10. RESULTADOS.....	23
11. DISCUSIÓN.....	28
12. CONCLUSIÓN.....	32
13. LITERATURA CITADA.....	33

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición nutricional (aporte en 100g) de las diferentes carnes de origen animal.	11
Cuadro 2. Composición de las dietas experimentales (% de base húmeda) para cerdos en finalización.	17
Cuadro 3. Composición química estimada de las dietas experimentales para cerdos en finalización.	18
Cuadro 4. Comportamiento Productivo cerdos en finalización alimentados con dietas bajas en proteína con diferentes niveles de lisina.	24
Cuadro 5. Composición química proximal del musculo <i>Longissimus dorsi</i> en cerdos alimentados con dietas bajas en proteína con diferentes niveles de lisina.	27
Cuadro 6. Color y pH del musculo <i>Longissimus dorsi</i> de cerdos alimentados con dietas bajas en proteína con diferentes niveles de lisina.	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Área experimental en producción animal.	21
-----------	---	----

I. INTRODUCCIÓN

El cerdo es un animal omnívoro que se puede alimentar con diversos ingredientes; actualmente en las unidades de producción pecuarias tecnificadas los cerdos son alimentados con dietas balanceadas para satisfacer sus necesidades nutricionales (NRC, 2012). La producción de cerdos está muy relacionada con la utilización de grandes volúmenes de alimento, que incluyen ingredientes energéticos y proteicos; por lo general, no se producen en cantidades suficientes en las regiones en donde hay producción porcina. Esto genera una fuerte dependencia de materias primas extranjeras; por lo tanto, el factor más afectado para la producción de cerdos es la alimentación, debido a que esta representa aproximadamente 75% de los costos total, y las dietas son elaboradas con materias primas. Los principales factores que afectan la inclusión de ingredientes en las dietas para cerdos son el contenido de fibra, concentración y disponibilidad de aminoácidos, así como el costo relativo de los nutrientes que aporta.

En la formulación actual de alimentos para cerdos, la pasta de soya es el ingrediente proteico de elección para complementar a los granos de cereales. Sin embargo, existen otras fuentes proteicas alternas que pueden sustituir parcial o totalmente a la pasta de soya en la alimentación de los cerdos, y a la vez, es una oportunidad de aumentar la eficiencia en el uso de los recursos de alimentación que ofrecen importantes posibilidades para incrementar la rentabilidad.

En la formulación de una dieta convencional, los ingredientes proteicos son adicionados para reunir los requerimientos del primer aminoácido limitante, por lo tanto, en una dieta a base de maíz y pasta de soya, esta pasta se adiciona para reunir los requerimientos de lisina (Stein, 2006). Existen otros ingredientes de origen proteico, como la pasta de canola, su uso en la alimentación de cerdos está limitado debido al menor contenido de proteína, comparado con la pasta de soya; además, contiene glucosinolatos que actúan como compuestos antinutricionales. Actualmente se están cultivando variedades de semilla de canola que contienen

un menor contenido de glucosinolatos (King *et al.*, 2001; Aider y Barbana, 2011), lo cual favorece su inclusión en dietas para cerdos.

En el mercado hay aminoácidos (AA) cristalinos para adicionar a dietas para cerdos (lisina, treonina, metionina y triptófano), los cuales son adicionados a dietas bajas en proteína para reunir los requerimientos de estos AA según la etapa en que se encuentre los cerdos (Figueroa *et al.*, 2004). El objetivo más importante en la industria animal es la producción de carne de calidad (Gondret *et al.*, 2008); sin embargo, diversos factores intervienen en la calidad de la carne, tales como edad, sexo, genotipo, factores medio ambientales y composición nutricional de la dieta consumida (Poulos y Hausman, 2005); la grasa intramuscular es un factor importante en la textura y terneza de la carne (Lonergan *et al.*, 2007), por lo tanto, el uso de diferentes ingredientes en la alimentación del cerdo cambia la composición nutricional de la carne y esto se ve reflejado en las características de la canal (Baker, 1994).

Los estudios en la alimentación de los cerdos, con dietas bajas en proteína, adicionadas con aminoácidos cristalinos, se han realizado en dietas elaboradas a base de maíz, trigo y sorgo, como principales cereales, la pasta de soya como única fuente proteica; sin embargo, la disponibilidad del uso de otros ingredientes proteicos, como la pasta de canola, ha hecho que se sustituya la fuente proteica en la dietas de los cerdos (Seneviratne *et al.*, 2011); sin embargo, además de las diferencias en su contenido de proteína, difieren en el contenido de aminoácidos, fibra cruda y energía, lo cual puede afectar las características de la canal.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción de carne de cerdo en México

En México, la producción porcina ha sido fundamental para el abasto de carne; a pesar de ser practicada en todo el país, muestra una gran concentración en algunas entidades, donde la operación de grandes grupos de productores y empresas permite ofertar grandes volúmenes de carne para el abasto, de tal forma que el 73.7% de la producción nacional es generada en 6 Estados del país: Jalisco, Sonora, Guanajuato, Puebla, Yucatán y Michoacán (SAGARPA, 2014). El sector presenta un dinamismo positivo, con una tasa media anual de crecimiento en volumen de 2.0% entre los años de 2008 a 2013. El inventario se ha mantenido relativamente constante en ese periodo, alcanzando alrededor de 16 millones de cabeza en el último año (SHCP, 2014); se observan básicamente tres sistemas de producción, caracterizados por su nivel tecnológico: Sistema tecnificado, semitecnificado y de traspatio (Cortes *et al.*, 2012). Los dos primeros tienen una distribución geográfica definida, por el contrario, el sistema de traspatio se presenta en todos los Estados del país.

2.2. Consumo de carne de cerdo en México

Respecto al consumo total de carne de especies pecuarias en México, el primer lugar lo ocupa la carne de ave (41.0%), seguido por la de bovino (28.0%) y en tercer puesto se encuentra la carne de cerdo (26.5%) (SIAP, 2009). México ha logrado incrementar considerablemente el consumo per cápita de carne de cerdo, pasando de 15.1 kg por persona al año en 2007 a 16.6 kg al cierre de 2014, no obstante aún se ubica en el lugar número 14 como consumidor, muy por debajo de países como China 70. kg, Unión Europea con 41.8 kg, Estados Unidos 27.1 y Japón 19.3 kg per cápita (SAGARPA, 2014).

2.3. Inclusión de aditivos en el desempeño de los cerdos

La industria porcina ha venido evolucionando en la obtención de líneas genéticas precoces con mejores índices de conversión de alimento, y con canales magras

(Echeverry *et al.*, 2008). Adicionalmente a la mejora genética, se han desarrollado aditivos no nutricionales, los cuales son capaces de mejorar los rendimientos productivos (Parra y Echeverría, 2008). Los requerimientos nutritivos básicos del cerdo los obtiene de la proteína, minerales, vitaminas y la energía (NRC, 2012). Sin embargo, las proteínas de algunos ingredientes [sorgo (*Sorghum vulgare*), maíz (*Zea mayz*), avena (*Avena sativa*)] de uso común en la alimentación del cerdo presentan deficiencia o son limitantes para algunos aminoácidos esenciales como lisina, metionina, triptófano, treonina y valina (Knowles *et al.*, 1998). Esta limitante puede causar efectos adversos en el comportamiento productivo del animal; la lisina, se considera el primer aminoácido limitante (Batterham *et al.*, 1990), por lo tanto, la suplementación de lisina en la dieta del cerdo en crecimiento se realiza con el objetivo de mejorar su comportamiento productivo (consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia), las características de la canal y la composición química de la carne (García *et al.*, 2010).

2.4. Principales ingredientes proteicos en la alimentación de cerdos.

Dos son los tipos de fuentes de proteína utilizadas en la elaboración de alimentos balanceados para cerdos, las fuentes de origen vegetal que incluyen principalmente, las pastas de oleaginosas como la soya que tiene un contenido nutricional de 44% de PC, humedad 12%, cenizas 9.2%, extracto etéreo 1.9% y 1,950 Kcal de energía neta/kg; la pasta de canola contiene 36.3% de PC, humedad 12.0%, cenizas 6.1%, extracto etéreo 11.1% y 1,750 Kcal de EN/kg; el algodón que contiene 38.7% de PC, humedad 10.0%, cenizas 6%, extracto etéreo 1.6% y 1,344 Kcal de EN/kg; el girasol con un contenido de 36% de PC, humedad 10.%, cenizas 6.8%, extracto etéreo 1.8% y 1,420 Kcal de EN/kg; sin embargo, las mejores fuentes proteicas son las de origen animal como la harina de carne de pescado que contiene 62.12% de PC, humedad 7.8%, cenizas 18.5%, extracto etéreo 9.2% y 1,990 Kcal de EN/kg; la harina de carne y hueso que contiene

50.05% de PC, humedad 16%, cenizas 20.0%, extracto etéreo 9.21% y 1,961Kcal de EN/kg; y la harina de sangre con un contenido de 87% de PC, humedad 8.%, cenizas 3.5%, extracto etéreo 0.8% y 1,850 Kcal de EN/kg (NRC, 2012); tiene altos índice de digestibilidad, pero el acceso a estos productos es limitado y costoso (FAO, 2000).

2.5. Principales ingredientes energéticos en la alimentación de cerdos

Las principales fuentes de energía que se pueden utilizar en la alimentación de cerdos se basan en granos de cereales como el maíz (blanco o amarillo) que contiene alrededor de 7.9% PC, humedad 13.8%, cenizas 1.3%, extracto etéreo 3.5% y 2,600 Kcal de EN/kg; el sorgo que contiene 8.9% PC, humedad 13.0%, cenizas 1.4%, extracto etéreo 2.7% y 2,520 Kcal de EN/kg; el trigo que contiene 12.9%PC, humedad 10.5%, cenizas 1.8%, extracto etéreo 1.8% y 2,460 Kcalde EN/kg; la cebada que contiene 11.3% PC, humedad 9.8%, cenizas 2.2%, extracto etéreo 2.0% y 2,350 Kcal de EN/kg; y los subproductos como el salvado de trigo que contiene 14.9% PC, humedad 12.0%, cenizas 4.8%, extracto etéreo 3.5% y 1,840 Kcal de EN/kg; la cascarilla de soya que contiene 10.27% de PC, humedad 4.0%, cenizas 4.46%, extracto etéreo 1.29% y 989 Kcal de EN/kg (NRC, 2012).

2.6. Proteína ideal

Este concepto se refiere básicamente al balance exacto de los aminoácidos esenciales, capaces de satisfacer, sin deficiencias ni excesos, las necesidades absolutas de todos los (AA) requeridos, para su mantenimiento y una máxima deposición muscular, expresando cada aminoácido como porcentaje, con relación a otro aminoácido de referencia. Con esto, es posible mantener una relación constante conservando una calidad de proteína similar, para cubrir las necesidades fisiológicas y productivas del animal (Baker, 1995).

La principal ventaja de usar el concepto de proteína ideal está en que la relación ideal de aminoácidos permanece igual para animales de cualquier potencial genético, aunque los requerimientos serán diferentes dependiendo de sexo, edad y estirpe, pero sobre todo de su capacidad para depositar tejido magro (Leclercq, 1998).

Para aplicar los principios de proteína ideal, es posible partir del nivel del primer aminoácido limitante aceptado como el requerimiento de la población, por la experiencia adquirida (AA azufrados en aves y lisina en cerdos). Sin embargo es importante prevenir los excesos, ya que, con la proteína ideal, los niveles totales de algunos aminoácidos (esenciales o no), tendrán un incremento relativo a la lisina digestible. Cabe señalar que el requerimiento de los aminoácidos esenciales están fijados en función directa al contenido proteico de la dieta. La formulación de alimentos debe prevenir una inclusión “sobrada” de proteína, a menos que se ajuste proporcionalmente la relación de los aminoácidos (Salvador y García, 1994).

Ofrecer dietas con bajos niveles de proteína, pero suplementadas con aminoácidos esenciales (AAE), puede resultar en pobres desempeños productivos, si no se considera un balance óptimo entre los aminoácidos esenciales y los no esenciales (AANE). Esto es debido a que los AAE son ineficientes en suministrar el nitrógeno requerido para la síntesis de los AANE. La desaminación de los AAE incrementa la producción de los AANE como el ácido glutámico y el ácido aspártico, cuyos excesos son excretados en forma de urea; pero aunque esto ocurra, un nivel bajo de AANE aumenta la reutilización del nitrógeno de los AAE para la síntesis de los AANE, generando desbalances y crecimiento limitado en los cerdos (Lenis *et al.*, 1999).

2.7. Alimentación con dietas bajas en proteína

Para mejorar la rentabilidad y disminuir las emisiones contaminantes de nitrógeno (N) de la porcicultura al ambiente, se debe incrementar la eficiencia de utilización de los nutrientes, una manera de ser más eficientes en los costos de producción y a la vez disminuir los contaminantes al medio ambiente es reducir el contenido de proteína cruda (PC) en la dieta para cerdos, sin afectar la respuesta productiva (Rivera *et al.*, 2010). Cerdos alimentados con dietas bajas en proteína adicionadas con lisina, metionina, treonina y triptofano sintéticos, excretan menos nitrógeno en heces (Figuroa *et al.*, 2004). Estas dietas reducen la pérdida de energía ya que el animal disminuye su metabolismo en los procesos de desaminación y transaminación en la síntesis de urea para después ser eliminados al medio ambiente (Le Bellego *et al.*, 2001). La disminución de PC en dietas elaboradas a base de cereal-pasta de soya puede reducir la desaminación de los excesos de aminoácidos (AA) esenciales y no esenciales y así ser más eficiente en la síntesis de proteína corporal (Noblet *et al.*, 1987). Además, dietas bajas en proteína pueden reducir el recambio de proteína corporal y la producción de calor corporal en cerdos (Roth *et al.*, 1999). Así, puede haber más energía disponible para síntesis de tejido adiposo, y mayor grosor de la grasa dorsal, aunque la ganancia de peso, la conversión alimenticia y la ganancia de carne magra sean similares en cerdos alimentados con dietas estándar o con menos PC (Figuroa *et al.*, 2002). La respuesta productiva de los cerdos en crecimiento no cambia al reducir la PC de la dieta adicionando AA sintéticos; sin embargo, las características de la canal podrían mejorarse (menor grasa dorsal) si se reduce la concentración de energía neta (EN) en esas dietas con menor contenido de proteína, lo que aumentaría la calidad de la carne. Cuando no se agregan AA sintéticos a dietas bajas en PC (12%), se reduce la respuesta productiva y se afecta negativamente las características de la canal (Kerr *et al.*, 1995), lo que se refleja en menor ganancia de carne magra (GCM) y mayor grasa dorsal. Aparentemente puede reducirse aún

más la proteína de la dieta, a 11%, si además de los cuatro AA sintéticos comercialmente disponibles (Lisina, Metionina, Thr, Trp), se agrega valina, histidina o isoleucina, que son AA limitantes, en dietas con 11% PC (Figuroa *et al.*, 2003).

2.8. Diferencias en el comportamiento productivo en cerdos de diferente sexo

La respuesta productiva y la composición de la canal es diferente en machos castrados, hembras y machos enteros (Cline y Richert, 2001). Por lo tanto, frecuentemente se compara entre sexos para determinar los requerimientos de nutrientes y la respuesta productiva específica de cada sexo, y el efecto de diferentes concentraciones de nutrientes en el crecimiento de machos castrados y hembras (Schinckel, 1994). La mayor pérdida de costos de producción de cerdos corresponde a las fases de crecimiento y cebo; dependiendo, la duración de las mismas, de la ganancia media diaria de peso (GMD), que a su vez está muy influenciada por el peso al nacimiento, no obstante, en otros países como el Reino Unido, Irlanda, Portugal y España, la producción de machos enteros representan más de un 90% de los animales sacrificados (Diestre, 1991), ello debido a ciertas ventajas, tales como menores costos de producción, ya que los machos enteros necesitan un menor aporte alimentario y crecen con mayor rapidez, como consecuencia de una mejor eficiencia en la retención de nitrógeno y mejor conversión de los alimentos (Walstra y Kroeske, 1968).

En el trabajo realizado por Flores *et al.*, (2009) se comparó a machos castrados y machos enteros; las canales de los cerdos machos enteros presentaron menor espesor de grasa subcutánea que las canales de los cerdos machos castrados. El estudio que realizó (Gallegos *et al.*, 2015) en cerdos con inmunocastración temprana y tardía no encontró diferencias significativas en peso vivo, ganancia

diaria de peso y conversión alimenticia. Trabajos realizados por Zamaratskaia *et al.*, (2008); Fábrega *et al.*, (2010) reportaron que los cerdos inmunocastrados modifican su comportamiento productivo de machos enteros al de cerdos castrados quirúrgicamente (CQ) después de la segunda inmunización.

Por lo cual, el comportamiento productivo de cerdos de diferente sexo puede ser diferente al alimentarse con dietas que contengan diferentes ingredientes y con diferentes niveles de nutrientes.

2.9. Bienestar animal en el proceso de sacrificio

Además, de una alimentación adecuada, existe un protocolo establecido en la NORMA Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres, con el objetivo de minimizar el impacto en la carne por malos procesos. Debido a los requisitos de calidad que exige el mercado actual en la producción de carne de cerdo, es necesario controlar los procesos que integran la cadena de producción de carne para garantizar la calidad del producto final (Jerez *et al.*, 2013). Estos procesos comprenden desde la producción en la granja (que incluye aspectos tales como sanidad, bioseguridad, manejo, genética y alimentación) hasta el transporte, procesamiento, conservación y distribución del producto terminado (Hambrecht *et al.*, 2003). Entre los factores de manejo más importantes que se deben considerar se destacan el tiempo de ayuno, las condiciones del transporte, el tiempo de viaje, el embarque y desembarque, el trato humano por los operarios y el período de reposo previo al sacrificio. Cada uno de estos elementos desempeña una función importante para garantizar el adecuado bienestar del animal, reducir el estrés pre-sacrificio y asegurar la calidad de la carne (Álvarez, 2010). El reposo de los animales antes del sacrificio permite la recuperación de las condiciones fisiológicas perdidas durante los procesos de carga, transporte y descarga (Nanni *et al.*, 2002). Se

normalizan así las condiciones metabólicas, como la renovación de los niveles de glucógeno muscular y el tono muscular, lo que favorece la relajación de los animales más afectados por las condiciones de manejo previas (Nanni, 2009). Sin embargo, el tiempo de reposo excesivo puede agotar las reservas de glucógeno muscular y favorecer la incidencia de carnes oscuras con pH alto, además de aumentar la exposición de los animales a las peleas y al estrés (Jerez *et al.*, 2013).

2.10. Composición nutricional de la carne de cerdo

El Codex Alimentarius define la carne como “todas las partes de un animal que han sido dictaminadas como inocuas y aptas para el consumo humano o se destinan para este fin”. La carne se compone de agua, proteínas, aminoácidos, minerales, grasas, ácidos grasos, vitaminas y otros componentes bioactivos, así como pequeñas cantidades de carbohidratos. Desde el punto de vista nutricional, la importancia de la carne deriva de sus proteínas de alta calidad, que contienen todos los aminoácidos esenciales, así como de sus minerales y vitaminas de elevada biodisponibilidad. La carne es rica en vitamina B12 y hierro, los cuales no están fácilmente disponibles en las dietas vegetarianas (FAO, 2007).

En el Cuadro 1 se muestra la composición nutricional de la carne de tres especies pecuarias

Cuadro 1. Composición nutricional (aporte en 100g) de las diferentes carnes de origen animal.

Producto	Agua	Proteína	Grasas	Cenizas	KJ*
Carne de vacuno (magra)	75.0	22.3	1.8	1.2	485
Carne de cerdo (magra)	75.1	22.8	1.2	1.0	469
Carne de ternera (magra)	76.4	21.3	0.8	1.2	410
Carne de pollo	75.0	22.8	0.9	1.2	439

* Kilojoules

(FAO, 2007).

2.11. Color

El color de la carne depende del tipo de músculo (tipo de actividad) y de la concentración de mioglobulina que contenga el músculo, además del estado de oxidación del átomo de hierro del grupo hem y de una posible desnaturalización de la globulina (Hulot y Ouhayoun., 1999). El color es un indicador muy utilizado para evaluar la calidad de la carne (Issanchou., 1996), de modo que la intensidad del color puede ser usada para evaluar la edad del animal, siendo más oscura y generalmente más dura a mayor edad, debido a que los músculos contienen mayor cantidad de mioglobulina (Cassens., 1994).

Para el caso de la carne, el color es también una característica de importancia comercial, ya que es el primer atributo de calidad que el consumidor puede apreciar. Para la evaluación del color en carne y productos cárnicos, (Honikel., 1997), recomienda algunos parámetros a considerar, como definir el tiempo de “Blooming” (tiempo de exposición de la carne al aire, exactamente después de cortar la muestra, que preferentemente debe de ser de dos horas y como mínimo una hora a una temperatura máxima de 3 °C). También debe de considerarse que las lecturas hechas en carne con gran cantidad de grasa intramuscular (marmoleo) o colágeno, producirán valores con gran variabilidad.

El contenido de pigmento de mioglobina es intrínseco al músculo, dependiendo de los factores de producción primarios, tales como la especie, raza, edad, tipo de músculo y el grado de nutrición. El periodo *ante-mortem*, el proceso de sacrificio y las etapas subsecuentes, afectan al color, por la influencia de la velocidad de caída del pH y la disminución de la temperatura. Durante el almacenamiento, distribución y venta, el proceso de oxigenación y oxidación de la mioglobina afectan el color (Honikel., 1998).

3. JUSTIFICACIÓN

La inclusión de aminoácidos cristalinos en las dietas para cerdos es una práctica común que se realiza para cubrir los requerimientos y comprobar la reducción de los costos de producción.

Los cerdos alimentados con dietas bajas en proteína adicionadas con aminoácidos sintéticos excretan al medio ambiente menos nitrógeno (Le Bellego *et al.*, 2001). Sin embargo, producen más grasa que los cerdos alimentados con proteína intacta de los ingredientes (Knowles *et al.*, 1998). El incremento de la grasa en cerdos es aún desconocido pero puede ser debido al incremento del contenido de energía neta (EN) en las dietas bajas en proteína.

Las dietas bajas en proteína con un contenido mayor de fibra en la alimentación de cerdos reducen la grasa dorsal (Pond *et al.*, 1989), este efecto se puede atribuir al reducido valor del contenido de energía neta que tiene la fibra.

La alimentación de los cerdos en las granjas se basa principalmente en un cereal (maíz, sorgo o trigo) y un ingrediente proteico (principalmente pasta de soya); sin embargo, la pasta de canola también es un ingrediente de origen proteico que se utiliza en la alimentación de cerdos (Bonnardeux, 2007; Fan *et al.*, 1995) este ingrediente contiene mayor contenido de fibra comparado con la pasta de soya (NRC, 1998). Por lo antes mencionado, se esperaría que las dietas bajas en proteína adicionadas con lisina sintética a base de maíz y pasta de canola produzcan menos grasa dorsal que las dietas que contienen a la pasta de soya como ingrediente proteico.

4. HIPÓTESIS

El comportamiento productivo y la composición nutricional de la carne de cerdos en la etapa de finalización, son similares si se alimentan con dietas bajas en proteína con diferentes niveles de lisina.

5. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la respuesta productiva y la composición nutricional de la carne de cerdos alimentados con dietas bajas en proteína y diferentes niveles de lisina.

Objetivos específicos

- Estimar la respuesta productiva de cerdos en la fase de finalización en (consumo de alimento, ganancia de peso, conversión y eficiencia alimenticia) alimentados con dietas bajas en proteína con diferentes niveles de lisina.
- Analizar la composición química proximal del musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con dietas bajas en proteína con diferentes niveles de lisina.
- Medir el color del musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con dietas bajas en proteína con diferentes niveles de lisina.

6. MATERIAL

Material biológico

- 30 cerdos (Landrace-Duroc), 15 machos y 15 hembras, con un peso vivo medio de 63.01 kg \pm (1.8) kg

Material alimenticio

- Pasta de soya, maíz molido, pasta de canola, aceite vegetal, aminoácidos sintéticos, premezcla de vitaminas y minerales.

Material de laboratorio

- Bolsas de papel, crisoles, desecadores, estufa, balanza analítica, molino de laboratorio, horno de incineración o mufla, matraces de bola, aparato de Soxhlet, dedos, papel filtro, tubos para digestión kjeldhal, matraz de bola kjeldhal, matraz Erlenmeyer, probetas graduadas, equipo de destilación kjeldhal, digestor de gases, campana extractora, éter de petróleo, ácido sulfúrico concentrado, catalizador, solución hidróxido de sodio al 40%, solución de H₂BO₃ al 4%, solución 0.1 N de HCl, bata blanca, guantes, cubre bocas, zapatos cerrados

Material de gabinete:

- Artículos científicos, libros, memorias, computadoras con Microsoft Word y Microsoft Excel, libretas de campo, marcadores permanentes, bolígrafos, lápices, hojas, libretas, cinta canela.

Infraestructura:

- Área experimental de producción animal, corraletas, jaulas metabólicas con bebederos de chupón automáticos y comederos tipo tolva.

7. MÉTODO

Se hizo análisis químico proximal de los ingredientes (Pasta de soya, Maíz, Pasta de Canola y Aceite Vegetal) y se consultó el Nutrient Requirements of Swine (2012)

Posteriormente, se realizó el balanceo de las dietas mediante el software PC-APOLLO, para cubrir los requerimientos nutrimentales de los cerdos en la etapa de finalización; se formularon cinco dietas para ser evaluadas en la fase de comportamiento; las dietas tuvieron la composición porcentual (%BH) y nutrimental y química siguiente (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Composición de las dietas experimentales (% de base húmeda) para cerdos en finalización.

Ingrediente	Maíz-Pasta de Soya	Maíz-Pasta de Canola	Maíz-Pasta de Canola con Niveles de lisina %		
			0	0.11	0.23
Maíz	84	76	91.7	91.7	91.7
Pasta de Soya	13.8	—			
Pasta de canola	—	19.2	5.9	5.9	5.9
Aceite vegetal	—	1.9	—	—	—
L-lisina-HCL	—	—	—	0.11	0.23
L-Treonina	—	—	0.05	0.05	0.05
L-triptofano	—	—	0.03	0.03	0.03
Vitaminas	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
minerales traza	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Fosfato monocalcico	0.4	0.4	0.4	0.4	0.44
Carbonato de calcio	0.9	0.7	0.8	0.8	0.83
Oxido Crómico	0.6	0.6	0.7	0.7	0.65
Total	100	100	100	100	100

Cuadro 3. Composición química estimada de las dietas experimentales para cerdos en finalización.

Nutriente	Maíz- Pasta de Soya	Maíz- Pasta de Canola	Maíz-Pasta de Canola con Niveles de lisina %			Requerimiento nutricional
			0	0.11	0.23	
Proteína cruda %	13.04	13.22	9.7	9.7	9.7	13.2
EM Mcal/kg	3.300	3.265	3.402	3.402	3.402	3.402
Arginina %	0.76	0.71	0.47	0.47	0.47	0.19
Histidina %	0.35	0.36	0.27	0.27	0.27	0.19
Isoleucina %	0.51	0.49	0.34	0.34	0.34	0.33
Leucina %	1.30	1.24	1.06	1.06	1.06	0.54
Lisina %	0.61	0.61	0.36	0.48	0.60	0.61
Metionina %	0.23	0.27	0.20	0.20	0.20	0.16
Fenilalanina %	0.63	0.57	0.44	0.44	0.44	0.34
Treonina %	0.48	0.52	0.41	0.41	0.41	0.41
Triptofano %	0.13	0.13	0.11	0.11	0.11	0.11
Valina %	0.61	0.65	0.47	0.47	0.47	0.40
Fosforo %	0.41	0.49	0.41	0.41	0.41	0.40
Calcio %	0.48	0.48	0.45	0.45	0.45	0.45

(NRC, 2012) EM=Energía metabolizable.

El experimento se llevó a cabo en el Área Experimental de Producción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Tratamientos (dietas)

Para el tratamiento 1 se asignó la dieta con Maíz-Pasta de Soya con niveles de proteína cruda y aminoácidos cubiertos por los ingredientes de la dieta, la cual se suministró a 6 cerdos (tres machos y tres hembras), cada uno colocado en una

jaula individual; al tratamiento 2 se asignó la dieta con Maíz-Pasta de Canola con niveles de proteína cruda y aminoácidos cubiertos por los ingredientes de la dieta; la cual se suministró a 6 cerdos (tres machos y tres hembras), cada uno colocado en una jaula individual; al tratamiento 3 se asignó la dieta con Maíz-Pasta de Canola con niveles bajo de Proteína Cruda y deficiente en lisina; la cual se suministró a 6 cerdos (tres machos y tres hembras), cada uno colocado en una jaula individual; al tratamiento 4 se asignó la dieta con Maíz-Pasta de Canola con niveles bajo de Proteína Cruda, deficiente en lisina adicionada con 0.11 % de lisina sintética sin cubrir los requerimientos de este aminoácido para cerdos en finalización; la cual se suministró a 6 cerdos (tres machos y tres hembras), cada uno colocado en una jaula individual; al tratamiento 5 se asignó la dieta con Maíz-Pasta de Canola con niveles bajo de Proteína Cruda, adicionada con 0.23 % de lisina sintética cubriendo los requerimientos de este aminoácido para cerdos en finalización; la cual se suministró a 6 cerdos (tres machos y tres hembras), cada uno colocado en una jaula individual.

A cada tratamiento se le asignó 6 cerdos y cada cerdo será considerado como unidad experimental (UE); cada uno de los individuos se asignó aleatoriamente a los tratamientos.

Los cerdos se pesaron cada semana durante 5 semanas, para evaluar los parámetros de producción como son consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia.

Una vez concluidas las 5 semanas, se procedió al sacrificio de los cerdos y se tomó una muestra del musculo *Longissimus dorsi* para realizar el análisis químico proximal (Proteína Cruda, Extracto Etéreo, Materia Seca y cenizas) de este musculo, según la AOAC (2002).

Tratamiento 1: Dieta a base de Maíz-Pasta de Soya (cubriendo los requerimientos de lisina por los ingredientes de la dieta)

Tratamiento 2: Dieta a base de Maíz-Pasta de Canola (cubriendo los requerimientos de lisina por los ingredientes de la dieta)

Tratamiento 3: Dieta a base de Maíz-Pasta de Canola (dieta deficiente en proteína cruda y lisina)

Tratamiento 4: Dieta a base de Maíz-Pasta de Canola (dieta deficiente en proteína cruda y lisina, adicionada con 0.11% de lisina sintética)

Tratamiento 5: Dieta a base de Maíz-Pasta de Canola (dieta deficiente en proteína cruda, cubriendo los requerimientos de lisina, adicionada con 0.23% de lisina sintética)

Análisis estadístico

La información del estudio para comparar el efecto de dieta se analizó bajo un diseño experimental completamente al azar con 5 tratamientos y seis cerdos (repeticiones) por tratamiento; los datos recabados se procesaron mediante análisis de varianza según el procedimiento de modelo lineal general con ayuda del programa estadístico SAS (2002).

El modelo estadístico fue el siguiente (Steel *et al.*, 1997).

$$Y_{ijk} = M + F_{Pi} + NL_j + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta

M = Media general

F_{Pi} = Fuente de proteína (soya vs canola)

NL_j = Nivel de lisina (0, 0.11 y 0.23 %)

E_{ijk} = Error experimental

La comparación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$) (Steel *et al.*, 1997).

8. LÍMITE DE ESPACIO

El experimento se realizó en el Área Experimental en Producción Animal de la Posta Zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, localizada en el Cerrillo Piedras Blancas municipio de Toluca Estado de México a 19° 26' 00" latitud norte y 99° 43' 00" longitud oeste, a 2656 msnm, con clima templado húmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual de 12 a 14°C, precipitación media anual de 1,000 a 1,200 mm³. Frecuencia de granizadas de 6 a 8 días y frecuencia de heladas de 80 a 100 días. (García, 1988). El Área Experimental de Producción Animal cuenta con un área de superficie aproximada de 56 m², cuenta con áreas de pesado, limpieza, almacenamiento (conservación) y procesamiento de muestras; además tiene 15 jaulas metabólicas individuales de piso de metal recubierto con plástico (1.2 x 1.2 m) que permite libertad de movimiento al animal., paredes de cloruro de polivinilo (0.9 m altura), con su respectivo comedero metálico tipo tolva y bebedero tipo chupón que ofrecen agua *ad libitum*.



Figura 1. Área Experimental en Producción Animal

9. LÍMITE DE TIEMPO

El trabajo se realizó durante los meses de enero a diciembre de 2015; durante enero se realizó la revisión del análisis proximal completo de los ingredientes a utilizar en el Nutrient Requirements of Swine 2012; (Pasta de soya, Maíz, Pasta de Canola y Aceite Vegetal a utilizar para la formulación de dietas; en febrero, marzo abril se llevó a cabo la parte experimental; de mayo a diciembre se concluirá los análisis de laboratorio y se redactara la tesis final.

10. RESULTADOS

Los cerdos permanecieron clínicamente sanos en sus jaulas metabólicas durante todo el experimento.

Comportamiento Productivo

El comportamiento productivo en cerdos alimentados con dietas que contuvieron diferentes niveles de proteína cruda y lisina se muestran en el Cuadro 4. El consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y eficiencia alimenticia fue similar ($P>0.05$) en las semanas 1, 3, 4 y 5 del experimento; sin embargo en la semana 2 en el consumo de alimento se observó que la dieta baja en proteína sin la adición de lisina tuvo un consumo mayor ($P<0.05$) de 4.18 kg comparado con la dieta a base de maíz-pasta de canola pero el consumo fue similar ($P>0.05$) comparado con las dietas maíz-pasta de soya, dieta baja en proteína con la adición de 0.11% de lisina sintética y la dieta baja en proteína con la adición de 0.23% de lisina sintética.

En la ganancia diaria de peso en la semana 1, 3, 4 y 5 no hubo diferencia ($P>0.05$) en los 5 tratamientos; sin embargo, se observó que la dieta a base maíz-pasta de soya tuvo una ganancia de peso en la semana 2 de 9.49 kg siendo este valor mayor ($P<0.05$) en 4.83, 2.86, 2.86 y 3.23 kg comparado con las dieta maíz-pasta de canola, dieta baja en proteína cruda sin la inclusión de lisina sintética, dieta baja en proteína cruda con la inclusión de 0.11% de lisina sintética y dieta baja en proteína cruda con la inclusión de 0.23% de lisina sintética, respectivamente. La conversión alimenticia fue similar ($P>0.05$) en todos los tratamientos.

Comportamiento productivo y composición nutricional de la carne de cerdos alimentados con dietas bajas en proteína con diferentes niveles de lisina en etapa de finalización

Cuadro 4. Comportamiento Productivo cerdos en finalización alimentados con dietas bajas en proteína con diferentes niveles de lisina.

Concepto	Maíz-Pasta de Soya	Maíz-Pasta de Canola	Niveles de lisina %			EEM	Valor de P
			0	0.11	0.23		
SEMANA 1							
CDA ¹ , KG	11.93	11.32	13.16	11.05	16.24	1.28	0.0505
GDP ² , KG	7.08	5.31	6.66	6.20	5.89	0.74	0.5525
CA ³ , KG	2.72	2.62	2.99	2.86	3.85	0.60	0.6989
EA ⁴ , %	42	41	35	35	33	0.04	0.6077
SEMANA 2							
Consumo	17.93 ^{ab}	14.92 ^b	19.10 ^a	17.01 ^{ba}	18.47 ^{ab}	0.85	0.0449
GDP	9.49 ^a	4.66 ^b	6.63 ^b	6.63 ^b	6.26 ^b	0.69	0.0013
CA	2.14	4.13	3.22	2.70	3.42	0.48	0.0804
EA	0.48 ^a	29 ^b	31 ^b	37 ^{ab}	30 ^b	0.03	0.0057
SEMANA 3							
Consumo	20.51	18.44	21.33	18.60	20.62	0.92	0.1199
GDP	6.33	4.76	5.23	5.90	5.76	0.73	0.6595
CA	4.02	3.01	4.18	3.68	3.59	0.58	0.7028
EA	32	40	24	27	28	0.06	0.5559
SEMANA 4							
Consumo	21.66	18.64	20.92	22.10	18.87	0.95	0.1168
GDP	5.86	5.08	5.33	6.63	5.08	0.58	0.1618
CA	3.02	3.53	4.30	3.30	4.03	0.37	0.1559
EA	33	31	31	25	25	0.28	0.3638
SEMANA 5							
Consumo	17.33	18.16	20.90	22.66	19.24	1.43	0.1500
GDP	6.30	5.92	5.40	6.75	5.55	0.60	0.6643
CA	3.73	2.94	4.06	3.36	3.64	0.45	0.6020
EA	31	33	26	30	28	0.03	0.6940
TOTAL PROMEDIOS							
Consumo	19.27	17.02	19.62	18.17	18.92	0.77	0.1266
GDP	6.47	5.83	6.06	6.22	5.73	0.24	0.2293
CA	2.50 ^b	3.02 ^a	3.36 ^a	3.05 ^a	3.41 ^a	0.098	<.0001
EA	40 ^a	33 ^{ab}	30 ^b	32 ^b	29 ^b	0.016	0.0009

¹Consumo Diario de Alimento; ²Ganancia diaria de peso; ³Conversión alimenticia; ⁴Eficiencia alimentaria.

En eficiencia alimentaria (EA) se observó que la dieta a base de maíz-pasta de soya tuvo una eficiencia alimentaria de 0.48 kg (48%) siendo este valor mayor ($P < 0.05$) en 0.19, 0.17, y 0.18 kg en la dieta a base de maíz-pasta de soya, dieta baja en proteína cruda sin la inclusión de lisina sintética y la dieta baja en proteína cruda con la inclusión de 0.23% de lisina sintética. Comparado con la dieta baja en proteína con la inclusión de 0.11% de lisina sintética el consumo fue similar ($P > 0.05$)

El total de promedios en consumo de alimento y ganancia diaria de peso fue similar ($P > 0.05$) en todos los tratamientos.

El promedio de conversión alimenticia en la dieta a base de maíz-pasta de soya fue menor ($P < 0.05$) en 0.52, 0.86, 0.55 y 0.91 kg comparado con las dietas maíz-pasta de canola, dieta baja en proteína cruda sin la inclusión de lisina sintética, dieta baja en proteína cruda con la inclusión de 0.11% de lisina sintética y dieta baja en proteína cruda con la inclusión de 0.23% de lisina sintética, respectivamente.

Con relación al promedio de eficiencia alimenticia se observó que la dieta a base de maíz-pasta de soya tuvo una eficiencia alimenticia de 0.40 kg siendo este valor mayor ($P < 0.05$) en 0.1, 0.08 y 0.11 kg en la dieta baja en proteína cruda sin la inclusión de lisina sintética, dieta baja en proteína cruda con la inclusión de 0.11% de lisina sintética y dieta baja en proteína cruda con la inclusión de 0.23% de lisina sintética, respectivamente. Comparado con la dieta a base de maíz –pasta de canola, la eficiencia alimenticia fue similar ($P > 0.05$).

El análisis químico-proximal del musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con dietas con diferentes niveles de proteína y lisina sintética se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Composición química proximal del musculo *longissimus dorsi* en cerdos alimentados con dietas bajas en proteína con diferentes niveles de lisina.

Concepto	Maíz- Pasta de Soya	Maíz- Pasta de Canola	Niveles de lisina %			EEM	Valor de P
			0	0.11	0.23		
M.S ¹	27.92	29.70	28.91	29.29	28.68	0.52	0.1569
P.C ²	21.27	22.01	21.10	20.96	21.27	0.61	0.8252
E. E ³	5.30	6.76	7.73	6.88	6.52	0.57	0.1193
CENIZAS	1.35	1.36	1.40	1.42	1.38	0.06	0.9407

¹ materia seca, ² proteína cruda, ³ extracto etéreo

El contenido de proteína cruda, extracto etéreo, materia seca y cenizas fue similar ($P>0.05$) en las dietas a base de maíz-pasta de soya, maíz-pasta de canola, dieta baja en proteína sin la inclusión de lisina sintética, dieta baja en proteína con la adición de 0.11% de lisina sintética y dieta baja en proteína con la inclusión de 0.23% de lisina sintética.

En el Cuadro 6 se muestra los análisis de color L* (luminosidad) a* (verde-rojo) b* (azul-amarillo) H° (tono métrico) y c*(croma) y pH en el musculo *Longissimus dorsi* en cerdos alimentados con dietas bajas en proteína adicionadas con lisina sintética.

Cuadro 6. Color y pH del musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con dietas bajas en proteína con diferentes niveles de lisina.

Concepto	Maíz-Pasta de Soya	Maíz-Pasta de Canola	Niveles de lisina %			EEM	Valor de P
			0	0.11	0.23		
L*	53.57	56.65	56.47	50.90	54.25	1.63	0.1171
a*	8.33	7.08	7.93	8.06	9.39	1.27	0.7920
b*	9.61	12.34	10.55	9.95	10.62	0.66	0.1074
c*	11.05	13.33	11.86	12.65	12.48	0.73	0.3220
H°	50.61	59.83	51.96	52.88	50.74	2.48	0.0939
pH 45min	5.92	5.93	6.02	6.02	6.06	0.10	0.7834
pH 24 h	5.63 ^{ab}	5.73 ^a	5.34 ^b	5.81 ^a	5.53 ^{ab}	0.09	0.0159

El color L*, a*, b*, c* y H° en el musculo *Longissimus dorsi* fue similar ($P>0.05$) en todos los tratamientos. El pH a los 45 minutos fue similar ($P>0.05$) en todos los tratamientos. El pH a las 24 horas con el tratamiento de la dieta maíz-pasta de canola fue de 5.73 siendo mayor ($P<0.05$) en 0.39 unidades comparado con la dieta baja en proteína sin la inclusión de lisina sintética, pero similar con las dietas maíz-pasta de soya, dieta baja en proteína con la adición de 0.11% de lisina sintética y dieta baja en proteína con la inclusión de 0.23% de lisina sintética.

11. DISCUSIÓN

En la formulación actual de alimentos para cerdos, la pasta de soya es el suplemento proteico de elección para complementar a los granos de cereales. Sin embargo, las fuentes alternas de proteína dan oportunidades para aumentar la eficiencia en el uso de los recursos para alimentación y ofrecen interesantes posibilidades para incrementar la rentabilidad (Rojo *et al.*, 2001). En lo particular, es de notarse un rápido incremento en la oferta mundial de pasta de canola, entre otras razones, por la demanda de aceites ricos en ácido linolénico (Leskanich *et al.*, 1997). En los últimos 10 años el contenido de glucosinolatos en la pasta de canola se ha reducido importantemente. Sin embargo, por su contenido de energía y por el perfil de aminoácidos, la pasta de canola es de menor valor nutritivo que la pasta de soya (Bell, 1993). Cuando se compara pasta de soya con pasta de canola se puede apreciar que pasta de soya contiene alrededor de 43.9 % de proteína cruda y además contiene aminoácidos esenciales y no esenciales en grandes cantidades, comparados con otros ingredientes como el maíz y sorgo; también la pasta de soya contiene elevadas cantidades de lisina (2.76 %) y es uno de los principales motivos por el que se incluye en las dietas para cerdos, además de contener niveles bajos de fibra cruda (6.60 %). La pasta de canola es también un ingrediente proteico y contiene alrededor de 37.5 % de proteína cruda, sin embargo, contiene alrededor de 2.07 % de lisina y tiene 10.50 % de fibra cruda (NRC, 2012).

Los costos de alimentación en una explotación porcina son casi siempre mayores del 70%, lo que limita las utilidades del productor. Por eso, es importante buscar alternativas que permitan optimizar los recursos, como la adición de aminoácidos (AA) sintéticos ya que permite reducir el contenido de proteína cruda en la ración y posibilita satisfacer las necesidades de AA esenciales limitantes, e incrementa la eficiencia alimenticia (Araki, 1990), lo que repercute en un beneficio económico en el productor. La adición de AA sintéticos puede resolver el problema de la

deficiencia de unos y el exceso de otros AA (Hansen *et al.*, 1993); además, disminuye la excreción del nitrógeno y la contaminación ambiental (NRC, 2012). Además se puede mejorar el comportamiento productivo, por efecto del nivel de lisina en la dieta, tanto en el consumo de alimento, (Cline *et al.*, 2000); como en la ganancia de peso (Ferreira *et al.*, 2005).

El comportamiento productivo en el presente estudio se evaluó desde un peso vivo inicial de 63 kg hasta el peso de sacrificio de 98 kg. López *et al* (2010) en su experimento en cerdos alimentados con diferentes niveles de lisina obtuvo valores de 1.69 de consumo de alimento con un nivel de lisina 0.67% de lisina estos valores son similares a la dieta maíz pasta de soya con 1.70 de consumo de alimento, maíz pasta de canola con 1.61 de consumo de alimento de la primer semana sin embargo son mayores los consumos en nuestro estudio en las semanas 2, 3, 4 y 5. La diferencia obtenida entre ambos estudios puede atribuirse a la diferencia de líneas genéticas utilizadas en ambos estudios y al contenido de nutrientes.

En ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia, el trabajo realizado por Martínez *et al* (2014) encontró en su trabajo una ganancia diaria de peso de 0.924 kg/d con un nivel de lisina de 0.78 % estas ganancias son similares en las semana 3 con 0.90 kg/d, semana 4 con 0.83 kg/d y semana 5 con 0.92 kg/d pero son mayores las ganancias diarias de peso en las semana 1 y 2 en el tratamiento a base de maíz pasta de soya, en conversión alimenticia con un nivel de lisina de 0.78% su conversión alimenticia fue de 3.33 este valor es similar en los tratamientos con un promedio de 3.02 en el tratamiento 2, 3.36 en el tratamiento 3, 3.05 en el tratamiento 4 y 3.41 en el tratamiento 5 pero con una menor conversión alimenticia en el tratamiento 1 con 2.50 estas diferencias se deben a la línea utilizada por Martínez el cual utilizo cruza de Landrace*Yorkshire*Duroc

Estudio realizado por Rojo *et al.* (2001) utilizó pasta de canola como ingrediente proteico en dietas para cerdos encontrando una eficiencia alimentaria de 0.302 kg por día en promedio, este resultado es similar a los tratamientos 2, 3 y 4 en el promedio total. El tratamiento 1 y 5 tuvieron una eficiencia alimenticia de 0.40 y 0.29 kg por día. La diferencia obtenida entre los diversos estudios comparados con el presente trabajo, se puede atribuir a la variabilidad de la composición nutricional en los ingredientes utilizados y a la composición nutricional en las dietas experimentales.

El análisis químico proximal en la carne de cerdo se realizó en el musculo *Longissimus dorsi* evaluando el contenido de: materia seca, cenizas, proteína cruda y extracto etéreo; en los 5 tratamientos evaluados no se encontró diferencia en las variables antes mencionadas. Trabajo realizado por Mariezcurrena *et al.* (2012) en cerdos de la raza Landrace*Duroc encontró valores de 27.7% de materia seca este valor es similar al tratamiento 1 que es a base de maíz pasta de soya con 27.92 de materia seca; sin embargo, es menor a los tratamientos 2, 3, 4 y 5, la diferencia de ambos estudios se debe a los niveles utilizados de lisina que van desde 0.5% a 1% de lisina y la inclusión de ractopamina.

En el trabajo realizado por Kim *et al.* (2008) evaluaron la composición química del musculo *Longissimus dorsi* en cerdos en finalización encontrando 21.79% de proteína cruda en la carne, este valor es similar a los del presente trabajo; en el contenido de extracto etéreo, Kim *et al.* (2008) encontró 2.02 %, este valor es menor comparado con el presente trabajo; estas diferencias se atribuyen a que se utilizaron dietas comerciales que contenían diferente composición nutricional a las dietas ofrecidas a los cerdos del presente estudio y a las diferentes líneas genéticas en ambos estudios.

Con respecto al % de cenizas en el musculo *longissimus dorsi* el promedio en el presente estudio fue de 1.38 % siendo este valor similar a lo reportado por Lorenzo *et al* (2014) que reporto un valor de 1.25 % de cenizas.

El color de la carne es un parámetro que el consumidor utiliza para consumir dicho producto. Carr *et al.* (2005) y Pospissil *et al.* (2013) realizaron estudios en la carne de cerdo de una línea genética seleccionada por mayor ganancia de peso y marmoleo en la carne y encontró datos menores en L*, a*, b* comparado a los resultados obtenidos en el presente trabajo. Las diferencias pueden ser debidas a la genética utilizada en ambos trabajos y a la composición nutricional de las dietas ofrecidas en ambos experimentos. Con respecto al pH, Hoffman *et al.* (2003) realizaron un estudio en cerdos de raza Landrace*Large White encontrando valores de pH a los 45 minutos de 6.16; este valor es superior a los reportados en el presente trabajo, y a las 24 horas reportaron valores de 5.53, similar a las dietas 1 y 5 del presente trabajo, pero estos valores fueron más altos en las dietas 2 y 4; la diferencia en el pH en ambos estudios se le puede atribuir a la cantidad de grasa periférica acumulada en cerdos que recibieron diferentes dietas experimentales

12. CONCLUSIÓN.

La alimentación de cerdos con dietas a base de pasta de soya y pasta de canola bajas en proteína con diferentes niveles de lisina no afecta la ganancia diaria de peso ni el consumo de alimento, sin embargo, la conversión alimenticia es mayor en dietas que contenían pasta de canola como ingrediente proteico.

La composición química de la carne de cerdos alimentados con dietas a base de pasta de soya y pasta de canola con diferentes niveles de lisina es similar en materia seca, cenizas, proteína cruda y extracto etéreo.

El color de la carne y el pH a los 45 minutos es similar en cerdos alimentados con dietas a base de pasta de soya y pasta de canola con diferentes niveles de lisina.

13. LITERATURA CITADA

- Aider M, Barbana C, (2011): Canola proteins: Compositions, extraction, functional properties, bioactivity, applications as a food ingredient and allergenicity-A practical and critical review. Trends in Food Science y Tecnología. 22: 21-39
- AOAC. (2002) Official methods of analysis international. Gaithersburg, Maryland USA. 2002
- Araki K, (1990): Production of amino acid. In: Nutrition. Protein and amino acids. Yoshida, H. Naito, Y. Nuyama and T.
- Álvarez Á. D, (2010). El ayuno antemortem ¿reduce el estrés y favorece la calidad de la carne? En: Bienestar animal y calidad de la carne. BM. 1:199-209.
- Baker D.H, (1994). Ideal Protein For Swine and Poultry. Biokowa Technical Review Biokowa, Inc., Chasterfield, 4:16.
- Batterham E.S, Andersen L.M, Baigent D.R, White E, (1990). Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs. Effect of dietary lysine concentration on efficiency of lysine retention. Br. J. Nutr. 64:81-94. 1990.
- Bell J. M, (1993). Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. Can J Anim Sci. 73:679697.
- Bonardeux J, (2007): Potential uses for distillers grains. Dpt Agric. Food, State of Western Australia
- Carr S. N, Rincker P. J, Killefer J. (2005): Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. Journal of Animal Science. 83: 223-230.
- Cassens, R.G. (1994): Meat Preservation. Preventing losses and assuring safety. Food & Nutrition Press, Inc. U.S.A. pp. 11-31.
- Cortés T. G. F, Mora. F J. S, García. M. R, Ramírez. V. G, (2012). Estudio del consumo de la carne de cerdo en la zona metropolitana del Valle de México Estudios Sociales, 20:336-351

- Cline, R. T, Richert. B. T, (2001): Feeding growing-finishing pigs. In: Swine Nutrition. Lewis A. J., L. L. Southern. CRC Press, Washington, D.C.
- Cline T. R, Cromwell G. L, Crenshaw T. D, Ewan, R. C, Hamilton, C. R, Lewis A. J, Mahan D. C, Southern L. L, (2000): Further assessment of the dietary requirements of finishing gilts. *J. Anim. Sci.*, 78: 987-992.
- Diestre A, (1991). Producción de carne de cerdo utilizando machos enteros. *Cárnica* 2000:57-62.
- Echeverry Z. J. J, Gómez Z. A, Parra S. J. E, (2008). Efectos de un B-adrenérgico comercial y varios niveles de lisina sobre la ganancia de peso de cerdos en finalización *Revista Lasallista de Investigación*. 5:45-
- Fan M. Z, Sauer W. C, de Lange C. F. M, (1995) amino acid digestibility in soybean meal, extruded soybean and full-fat canola for early-weaned pigs. *Anim.feed. Sci. Technol.*, 52: 189-203.
- FAO, (2000). Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares (Manual de Capacitación para Trabajadores de Campo en América Latina y el Caribe) Consultado en: <http://www.fao.org/docrep/v5290s/v5290s00.htm#TopOfPage>
- FAO, (2007) Composición de la carne consultado en www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_composition.html
- Fàbrega E, Velarde A, Cros J, Gisper M, Suárez P, Tibau J, Soler J, (2010): Effect of vaccination against gonadotrophin-releasing hormone, using Improvac®, on growth performance, body composition, behaviour and acute phase proteins. *Livest. Sci.* 132: 53-59.
- Ferreira R. A, Miranda O. R. F, De Lopes D. J, Viera A. C, De Oliveira S. F. C, De Oliveira F. D, De Paes S. E. (2005): Reducto do nível de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg. *Rev. Bras. Zootecn.*, 34: 548:556.

- Figueroa J. L, Lewis A. J, Miller P. S, Fischer R, Gómez R. S, Diedrichsen R. M, (2002): Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 80: 2911-2919.
- Figueroa J. L, Lewis A, Miller J. P. S, Fischer R. L, Diedrichsen R. M, (2003): Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentrations of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine, and valine. *J. Anim. Sci.* 81: 1529-1537.
- Figueroa J. L, Cervantes R. M, Cuca G. J. M, Méndez L. M, (2004): Respuesta de cerdos en crecimiento y finalización a dietas con baja proteína y energía. *Agrociencia.* 4:383-394
- Flores R. C, Leal R. M, Rodas G. A, Aranguren M. J, Román B.R, Ruiz R. J, (2009): Efecto de la condición sexual y pesos al sacrificio sobre las características de la canal y la calidad de la carne de cerdo *Revista Científica.* 19:165-172
- García, D.M. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kopen. 4ª. Edición. Mexico. D. F.
- García C. R. F, Malacara Á. O. E, Salinas C. J, Torres H. M, Fuentes R. J. M, Kawas G. J. R, (2010): Efecto de la suplementación de lisina sobre la ganancia de peso y características cárnicas y de la canal en cerdos en iniciación *Revista Científica.* 20: 61-66
- Gallegos L. R, Alarcón R. A. D, García G. I. A, Gamboa A. J. G, Santellano E. E, (2015): Comportamiento productivo, características de la canal y calidad de la carne de cerdos inmunocastrados a diferente edad *Interciencia, Asociación Interciencia Caracas, Venezuela.* 40:554-559
- Gondret F. N, Guitton G. R, Louveau I, (2008): Regional differences in porcine adipocytes isolated from skeletal muscle and adipose tissue as identified by a proteomic approach. *J. Anim. Sci.* 86:2115-2125.

- Hambrecht E, Eissen J. J, Verstegen M. W. A, (2003): Effect of processing plant on pork quality. *Meat Sci.* 64:125
- Hansen B. C, Lewis, A. J, (1993): Effects of dietary protein concentration (corn: soybean meal ratio) on the performance and carcass characteristics of growing boars, barrows, and gilts: mathematical descriptions. *J. Anim. Sci.*, 71: 2122-2132.
- Honikel, K.O. (1997): Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. *Food Chemistry*, 59: 4, 573-582.
- Honikel, K.O. (1998): Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49, 447-457.
- Hulot, F., Ouhayoun, J. (1999): Muscular pH and related traits in rabbits: A review. *World Rabbit Science*, 7, 15-36.
- Hoffman C. L, Styger E, Muller M, Brand S. T, (2003): The growth and carcass and meat characteristics of pigs raised in a free-range or conventional housing system. *South African Journal of Animal Science.* 33: 166-175
- Issanchou, S. (1996): Consumer expectations and perceptions of meat and meat products quality. *Meat Science*, 43 S, S5- S19.
- Jerez T. N, Arenas M. L, Sulbarán M, Uzcátegui S, (2013): Influencia del tiempo de reposo en las características de calidad de la canal y la carne de cerdos. *Revista cubana de ciencia agrícola.* 1:55-60
- Kerr B. J, McKeith F. K, Easter R. A, (1995): Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 73: 433-440
- Knowles T.A, Southern L.L, Bidner T.D, (1998): Ratio of total sulfur amino acids to lysine for finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 76: 1081-1090.
- Knowless T. A, Southern L. L, Kerr J, Friesen K. G, (1998): Effect of dietary fiber or fat in low –crude protein, crystalline amino acid-supplemented diets for finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 76:2818-2832.

- King R. H, Eason P. E, Kerton D. K, Dunshea F. R, (2001): Evaluation of solvent-extracted canola meal for growing pigs and lactating sows. *Aust. J. Agric. Res.* 52: 1033-1041.
- Kim H. J, Seong P. N, Cho S. H, Park B. Y, Hah K. H, Yu L. H, Lim D. G, Hwang I. H., Kim D. H, Lee J. M, Ahn C. N, (2008): Characterization of Nutritional Value for Twenty-one Pork Muscles. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 21: 138 - 143
- Leskanich C. O, Mathews K.R, Warkup C. C, Noble R. C, Hazzledine M,(1997): The effect of dietary oil containing (n-3) fatty acids on the fatty acid, physicochemical and organoleptic characteristics of pig meat. *J Anim Sci.* 75:673-317.
- Lenis P. N, Hans T. M, Bikker P. D, Jongbloed A. W, Maulen J. D. V, (1999): Effect of the ratio between essential and non essential aminoacids in the diet on utilization of nitrogen and amino acids by growin pigs. *Journal of Animal Science.* 77:1777.
- Le Bellego L, Van J. M, Dubois S, Noblet J, (2001): Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 79: 1259-1271
- Leclercq B, (1998): El Concepto de proteína ideales y el USO de Aminoácidos Sinteticos estudio comparativo Entre pollos y cerdos. En: *Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y alimentación animal.* 14:191-202.
- Lonergan S. M. Stalder K. J, Huff-Lonergan E, Knight T. J, Goodwin R. N, Prusa K. J, Beitz D. C, (2007): Influenced of lipid content on pork sensory quality within pH classification. *J. Anim. Sci.* 885: 1074-1079.
- Lorenzo J. M, Fernández M, Iglesias A, Carril J. A, Rodríguez I. M, Franco D, (2014): Effect of slaughter age on meat characteristics of the celta pig crossbred with duroc. *AICA.* 4: 141-143

- López M, Figueroa J. L, González M. J, Miranda L. A, Zamora V, Cordero J. L, (2010): Niveles de lisina y treonina digestible en dietas sorgo-pasta de soya para cerdos en crecimiento Archivos de Zootecnia. 59: 205-216
- Mariezcurrera B. M. A, Braña V. D, Mariezcurrera B. M. D, Domínguez V. I. A, Méndez M. D, Rubio L. M, (2012): Salud Características químicas y sensoriales de la carne de cerdo, en función del consumo de dietas con ractopamina y diferentes concentraciones de lisina. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 3: 427-437
- Martínez A. J. A, Figueroa V. J. L, Cordero M. J. L, Ruíz F. A, Sánchez T. M. T, Ortega C. M. E, Narciso G. C, (2014): Niveles óptimos biológicos de lisina para cerdos en crecimiento-finalización. Revista Científica.24: 64-72
- Nanni C. L, Lo Fiego D. P, Dall'olio S. D. R, Russo V, (2002): Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype. Meat Sci. 61: 41
- Nanni C. L, (2009): Short-term stress: the case of transport and slaughter. Journal of Animal Science. 8:241
- Noblet J, Henry Y, Dubois S, (1987): Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs. J. Anim. Sci. 65: 717-726.
- NRC, (1998): Nutrient Requirements of Swine. 10th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC, (2012): Nutrimen the National Academies Press. Wasshington, D.C.
- Parra S. J. E, Echavarría S. H. A, (2008): Efecto de varios niveles de treonina: lisina sobre parámetros productivos en cerdos en finalizacion tratados con ractopamina. Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellin. 61: 4400-4408

- Pond K. R, Ellis W. C, Matis J. H, Deswysen A. G, (1989): Passage of chromium-mordated and rare earth-labeled fiber: time of dosing kinetics. *J. Dairy. Sci* 67: 1020-1028
- Poulos S, Hausman G, (2005): Intramuscular adipocytes-potential to prevent lipotoxicity in skeletal muscle. *Adipocytes* 1:79-94.
- Pospissil G. C. A, Vicente S. R, Vinícius S. C, Sousa G. P. M, Gilberto Z. M, Hebert S, Hiroshi K. T, Dos Santos C. L. G, (2013): Ractopamine levels on performance, carcass characteristics and quality of pig meat. *R. Bras. Zootec.* 42: 325-333.
- Rivera A, Figueroa J. L, Saldaña E, Zamora V, Sánchez T. M. T, Cordero J. L, (2010): Finalización de cerdos con baja proteína y manano-oligosacáridos o nucleótidos *Archivos de Zootecnia.* 59: 357-368.
- Rojo G. A, Pérez M. V. G, Bayardo U. A, Correa C. H. J, Cuarón I. J. A, (2001): Pasta de canola como suplemento proteico en dietas para la finalización de cerdos. *Técnica Pecuaria en México.* 39: 179-192.
- Roth F. X, Gotterbarm G. G, Windisch W, Kirchgessner M, (1999): Influence of dietary level of dispensable amino acids on nitrogen balance and whole-body protein turnover in growing pigs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 81: 232-238
- Salvador T. F, Garcia G. I. A, (1994): formulacion de raciones con aminoácidos digestibles en especies no rumientes. *uach.*
- Seneviratne R, Beltranena W. E, Newkirk R. W, Goonewardene L. A, Zijlstra R. T, (2011): Processing conditions affect nutrient digestibility of cold-pressed canola cake for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 89: 2452-2461
- SAGARPA, (2009): Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México consultado en www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/.../sitpor09a.pdf

- SAGARPA (2014): Consumo percapita de la carne de cerdo. sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2014B942.aspx
- SIAP, (2009): Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SAGARPA. Directorio estatal y nacional de centros de sacrificio y resumen de centros de sacrificio por estado. Disponible en: www.siap.gob.mx.
- Schinckel A. P (1994): Nutrient requirements of modern pig genotypes. In: Recent Advances in Animal Nutrition. Garnsworthy, P. C. and D. J. A. Cole. University of Nottingham Press, Nottingham, U.K
- SHCP, (2014): Panorama porcino Financiera rural. Consultado en [www.financierarural.gob.mx/.../Panorama%20Porcino%20\(may%202015](http://www.financierarural.gob.mx/.../Panorama%20Porcino%20(may%202015) (5 de diciembre del 2015)
- Steel, R.G.D, Torrie J. H, 1997. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 3rd ed. McGraw-Hill, New York.
- Stein H. H, (2006): Possibilities for feeding low-protein diets to weanling and growing pigs. P. 1-6 in Proc. Degussa Tech. Symp. at the Carolina Nutr. Conf., Sep. 26, Raleigh, NC.
- Walstra P, Kroeske D, (1968): The effect of castration on meat production in male pigs. World Rev. of Anim. Prod. 4:59-64.
- Zamaratskaia G. A. H, Chen G. A. K, Madej A, Lundstrom K, (2008): Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (Improvac™) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. Reprod. Domest. Anim. 43: 351-359.