

EFFECTO DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNE Y LA GRASA DE CERDO

Echenique, A.¹

INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, un objetivo primordial en la producción animal ha sido producir en forma eficiente, pero cada vez más se tiende a la consideración de la calidad, es decir a las propiedades de los productos obtenidos y su aptitud para ser industrializados.

El concepto de calidad de carne admite diversos puntos de vista. Por ejemplo, para un productor probablemente el ideal de calidad sea que las canales presenten un alto rendimiento, sobre todo si el pago es por esta característica. Quien se dedique a la venta de carne fresca priorizará reses de buena conformación, alto rendimiento en cortes nobles, elevada área de ojo de lomo y bajo contenido graso. Un industrial valorará, además, aspectos tecnológicos de la carne como un adecuado color, alta capacidad de retención de agua y buena aptitud tecnológica de la grasa (consistencia firme, color blanco, alta estabilidad oxidativa). El consumidor se centrará en aspectos sensoriales (color atractivo, sabor, jugosidad y ternura acordes a sus preferencias), aspectos nutricionales (perfil de ácidos grasos saludable, bajo colesterol) y ausencia de contaminantes (químicos o biológicos), entre otros.

Diversos factores de producción inciden sobre la composición y calidad de la carne y de los productos que se elaboren a partir de ésta. Entre los factores de mayor relevancia se encuentran: la alimentación, el sexo, la edad y peso de faena, el tipo genético, el sistema de producción (extensivo, confinado), el manejo previo a la faena (transporte y descarga en matadero, condiciones de alojamiento en corrales de espera), las operaciones durante el sacrificio (sistema de aturdimiento, escaldado, pelado), el manejo del frío pos-faena (tiempo y temperatura), entre otros.

Si bien todos los factores mencionados son relevantes, la exposición se centrará en la incidencia de la alimentación sobre la calidad de la carne y la grasa de cerdo.

LA ALIMENTACIÓN DE LOS CERDOS Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNE

En la producción porcina, la alimentación es uno de los factores que mayor importancia tiene al buscar obtener carne

de calidad, ya sea para consumo fresco o para elaborar una amplia gama de productos cárnicos.

La producción de carne es un proceso que implica la transformación de alimentos con contenido variable en carbohidratos, grasas y proteínas, en tejidos animales formados por una elevada proporción de proteínas de alto valor biológico y grasa.

La alimentación afecta en forma diferencial la deposición de los tejidos de la carne y por ende tendrá una incidencia variable según de cual de ellos se trate. En el caso del tejido magro, dada la naturaleza bioquímica de la síntesis proteica en el cerdo, a través del manejo de la alimentación básicamente se obtendrán modificaciones cuantitativas. Por más que se incluyan cantidades importantes de aminoácidos en la dieta del animal, no se conseguirá retener más de lo que esté genéticamente determinado.

Sin embargo, la deposición de tejido adiposo depende cuantitativa y cualitativamente de la alimentación recibida.

Efecto del sistema de alimentación sobre el contenido de grasa

Los depósitos grasos en el cerdo se encuentran principalmente a nivel subcutáneo (grasa de cobertura), en la cavidad abdominal (grasa peri-renal), entre los músculos (grasa intermuscular) y en el interior de los haces musculares (grasa intramuscular).

El contenido de grasa intramuscular (GIM) incide directamente sobre la calidad sensorial y nutricional y es uno de los elementos que atienden los consumidores a la hora de elegir el producto. El grado de infiltración de grasa intramuscular es posible apreciarlo a través del vetado de la carne: a mayor infiltración de grasa, mayor vetado o "marbling".

Si bien la alimentación juega un papel importante sobre el contenido de GIM, el tipo genético puede llegar a ser aún más relevante. La magnitud de la respuesta a restricciones a nivel de proteínas y aminoácidos varía con el tipo genético, por lo que es necesario tener en cuenta la interacción genotipo x nutrición a la hora de diseñar las dietas para cerdos (Williams *et al.*, 2005). De todas formas, se ha comprobado que restricciones a nivel de la proteína y particularmente de la lisina determinan incrementos en la GIM. Cerdos Large White x

¹Ing. Agr., CNFR-INIA.

Landrace, alimentados en la fase de terminación con dietas isoenergéticas deficientes en proteína y lisina (10% y 0.4%), obtenían a nivel del M. *Longissimus dorsi* un tenor de GIM del 5.7%, mientras que con niveles superiores (14% y 0.56%) el contenido se reducía al 3.4% (Ellis *et al.* 1999, citados por Kim *et al.*, 2002).

Desde el punto de vista nutricional y organoléptico se podrían considerar aceptables valores de GIM mayores a 2%, pero menores al 3.5%. Tenores inferiores a 2% estarían afectando negativamente atributos sensoriales como la jugosidad, el sabor y la terneza y por encima del 3.5%, se comienza a resentir la calidad nutricional (Davis, 1975; De Vol *et al.*, 1988; Jones, 1994; Fernández *et al.*, 1999).

Modificaciones en el contenido energético de las dietas también han sido investigadas como una alternativa para cambiar el tenor de GIM en el cerdo. En general, aumentos o restricciones en los niveles de energía han tenido mayores efectos en el contenido de grasa subcutánea e intermuscular que en la proporción de GIM (Engel *et al.*, 2001; Williams, 2005).

Cerdos alimentados a voluntad producen carne de mayor terneza y jugosidad que aquellos que son sometidos a una alimentación restringida. Esto estaría explicado por una probable mayor actividad proteolítica *in vivo* que se continuaría *postmortem*, a una menor presencia de tejido conjuntivo en carne (ya que al lograrse mayores ganancias diarias de peso con sistemas a voluntad, se estarían faenando a igual peso animales más jóvenes) y a un mayor porcentaje de GIM.

Aunque el objetivo es tratar el efecto de la alimentación sobre la calidad de la carne, vale la pena señalar la incidencia de dicho factor sobre la calidad de la canal, habida cuenta de la relación existente entre ambas características.

Si bien la genética, el sexo y el peso de faena juegan papeles fundamentales en los parámetros de calidad de canal (espesor de grasa dorsal y proporción de tejido magro), la alimentación es decisiva.

En general, los sistemas de alimentación controlados, determinan animales con menos grasa de cobertura y mayor proporción de magro que con sistemas de alimentación a voluntad. Este manejo implica la utilización de escalas de racionamiento ya sea en base al sexo o por peso vivo y si bien se sacrifica velocidad de crecimiento, se mejora la conversión de alimento y el porcentaje de tejido magro.

Lo anterior se basa en que el nivel de energía óptimo para cada peso vivo, tipo genético o sexo se corresponde con el nivel mínimo de ingestión energética que permite alcanzar el potencial genético de deposición de proteína. Por tanto, si la energía ingerida con la dieta supera ese nivel óptimo, ésta se destinará a la formación de grasa.

El espesor de grasa dorsal (EGD) forma parte de todos los sistemas de clasificación de canales para pago por calidad en la Unión Europea, Estados Unidos y otros países (Cassens, 2000; Font y Gispert, 2004). En Uruguay, por su parte, ésta característica es tenida en cuenta en el caso de la certificación de carne de "Cerdo Magro", que comprende a las reses con un EGD (medido a nivel de última costilla y entre la última vértebra lumbar y primera sacra) menor o igual a 20 mm y un peso de carcasa sin cabeza entre 50 y 80 kg (Resolución # 259-99 del Instituto Nacional de Carnes).

Aun en el caso de animales híbridos, producto de machos terminadores, niveles de energía por encima o por debajo de los requeridos por el tipo genético y/o la categoría a alimentar, desbalances energía/proteína y suministro de alimentos proteicos pobres en determinados aminoácidos esenciales, determinan la obtención de reses con espesores de grasa dorsal excesivos (Cuadro 1).

En el caso particular del sistema de alimentación 5, el elevado valor del EGD es explicado por una excesiva restricción nutricional en la etapa de recría y por la utilización durante el período de engorde de dietas con relaciones de energía/proteína muy altas.

Cuadro 1. Espesor de grasa dorsal de cerdos híbridos sometidos a diferentes sistemas de alimentación ($p < 0.01$).

Sistema de alimentación	1 Ración suero	2 Ración	3 Ración	4 Ración	5 Ración suero
Peso vivo	83.78a	81.03a	82.8a	83.53 ^a	82.75a
Espesor de grasa dorsal (mm)	20.59b	18.22c	13.07d	20.31b	22.00a

Fuente: Echenique y Capra (2006).

Efecto de los ingredientes de la dieta sobre la composición de la grasa

Requerimientos tecnológicos, sensoriales y nutricionales de la grasa

Teniendo en cuenta la cantidad depositada, la grasa subcutánea es la más importante al representar casi el 70% del total del tejido adiposo (Voutier, 2005) y por tanto sus propiedades tendrán una incidencia significativa en los productos cárnicos que la contienen (p.e. embutidos frescos, fermentados secos). En el caso de los chacinados elaborados a partir de porciones musculares (por Ej., jamón crudo, bondiola) y de la carne para consumo fresco, la grasa intramuscular va a ser quien más defina las características sensoriales, tecnológicas y nutricionales de los productos.

Las propiedades que debe reunir la grasa de cerdo, tanto la subcutánea como la inter e intramuscular variarán de acuerdo a su principal destino: industrialización o consumo fresco.

Industrialización

Desde el punto de vista industrial, el perfil lipídico de la grasa afectará diversas propiedades tecnológicas de la materia prima, como la consistencia, el color, la vida útil (por deterioro oxidativo de lípidos y pigmentos), el aroma, el sabor, entre otros atributos.

Se requieren grasas de consistencia firme, color blanco y de escasa susceptibilidad al deterioro por oxidación, tanto a nivel de la grasa subcutánea como de la intramuscular. En el caso de productos fermentados crudos (salames, longanizas), una baja consistencia de la grasa, produce problemas en la elaboración (picado, embutido, estufaje, etc.), en los atributos sensoriales (coloraciones anómalas, sabores y aromas rancios) y en la vida útil, por una reducida estabilidad oxidativa (Warnants y Van Oeckel, 1996; López-Bote *et al.*, 2004; Grompone *et al.*, 2006). Cuando se trata de productos curados (bondiola, jamón crudo), durante el proceso de secado la grasa fluida, poco consistente, impide la penetración de la sal y la migración del agua desde el interior al extenderse una película hidrofóbica que determina el alargamiento del proceso y/o pérdidas de productos, además de los ya mencionados problemas sensoriales (Cava y Andrés, 2001).

La consistencia, el color y la estabilidad oxidativa de la grasa dependen fundamentalmente de la proporción de ácidos grasos saturados e insaturados constituyentes de los triglicéridos y fosfolípidos del tejido adiposo.

Los ácidos grasos están formados por un grupo carboxílico y una cadena hidrocarbonada de número par de átomos de carbono. Dependiendo de la cantidad de insaturaciones en forma de dobles enlaces que presente la cadena hidrocarbonada, los ácidos grasos se clasifican en ácidos grasos satura-

dos (SFA), monoinsaturados (MUFA) o poliinsaturados (PUFA). Así, los SFA presentan una cadena hidrocarbonada sin dobles enlaces y su punto de fusión es alto (Cuadro 2). Por su parte, los MUFA contienen una sola insaturación en la molécula y su punto de fusión se alcanza con menores temperaturas, mientras que en los PUFA son varios los dobles enlaces que posee y el punto de fusión es muy bajo (Lopez Bote *et al.*, 1999).

Por tanto, los triglicéridos con elevada proporción de PUFA pueden permanecer líquidos a temperatura de refrigeración o

Cuadro 2. Puntos de fusión de los diferentes ácidos grasos.

	Punto de fusión (°C)
Ácidos grasos saturados (SFA)	>69
C14:0 mirístico	
C16:0 palmítico	
C18:0 esteárico	
Ácidos grasos monoinsaturados (MUFA)	10-15
C16:1 ω -7 palmitoleico	
C18:1 ω -9 oleico	
Ácidos grasos poliinsaturados (PUFA)	0.5 a -5
C18:2 ω -6 linoleico	
C18:3 ω -3 α -linolénico	

de congelación, determinando consistencias blandas e inclusive fluidas. Esto tendrá lugar tanto a nivel de la grasa subcutánea, como de la intramuscular, afectando a la vez la consistencia del tejido magro. No solo la consistencia y fluidez de la grasa son afectadas, también lo son el color y la vida útil ("shelf life") de la carne y los productos elaborados a partir de ésta. Una mayor proporción de SFA en el perfil lipídico de la grasa determinará un color más blanco y una mayor estabilidad oxidativa. Por el contrario, con altos niveles de PUFA la grasa tenderá a coloraciones amarillentas y a una mayor susceptibilidad al deterioro por oxidación. Esto último es de suma importancia por su incidencia en la vida útil de la carne y los productos cárnicos, la cual puede reducir notoriamente por la rancidez y el deterioro de pigmentos en los mismos.

Los ácidos grasos que presentan una alta correlación con la consistencia de la grasa son el Ácido Esteárico (C18:0) y el Ácido Linoleico (C:18:2), ácido graso saturado y poliinsaturado respectivamente. Whittington *et al.* (1986) hallaron que la relación 18:0/18:2 es la mejor forma de predecir la firmeza de la grasa. Una grasa es considerada blanda cuando la relación Ácido Esteárico/Ácido Linoleico es inferior a 1.47 (Daza y Buxadé, 2000).

Warnants y Van Oeckel (1996) sugieren un rango entre 14 y 21% de Ácido Linoleico en la grasa subcutánea para desti-

narla a la elaboración de productos chacinados. Sin embargo, diversos autores concuerdan que el umbral crítico es del 15%, ya que a partir de este valor comienzan a presentarse problemas de grasas blandas o aceitosas (Larick *et al.*, 1992; Pastorelli *et al.*, 2003; Wood, 2004). Dicho porcentaje se obtendría con niveles de inclusión de Ácido Linoleico en la dieta entre 1.4 y 2.6% (Ruiz y López-Bote, 2005). Por su parte, Boulard *et al.* (1995) establecen un límite de 12% para el Ácido Linoleico en caso de carnes destinadas a la elaboración de fermentados crudos, que en condiciones excepcionales se puede aumentar al 14%.

Consumo fresco. En los últimos años ha habido un creciente interés por manipular la composición en ácidos grasos de la carne de casi todas las especies hacia perfiles más saludables (Rhee *et al.*, 1988; Enser *et al.*, 2000; Mitchaothai *et al.*, 2007).

Las recomendaciones nutricionales en cuanto a la ingestión de grasas en la dieta humana se basan en fomentar el consumo de carnes ricas en MUFA y PUFA, con bajo contenido de SFA (asociados a la ocurrencia de enfermedades cardiovasculares).

No solo interesan los niveles de los ácidos grasos por separado, sino que también la relación entre los mismos. Se recomiendan relaciones entre PUFA/SFA superiores a 0.45 (Warnants *et al.*, 1998). Otra relación de interés es la de los ω -6 / ω -3, ya que los ácidos grasos ω -3 (ácido α -linolénico) son grasas con posibles efectos beneficiosos sobre los procesos de inmunidad y salud cardiovascular en humanos, además de ser nutricionalmente esenciales. Los valores óptimos de esta relación deberán ser inferiores a 5, pero, dado que las dietas occidentales presentan relaciones por encima de dicho valor, la Organización Mundial de la Salud sugiere relaciones ω -6 / ω -3 inferiores a 10.

Según se trató anteriormente, esta composición lipídica de la grasa sería incompatible con la calidad industrial requerida. Sin embargo, si se trata de carne para consumo fresco la posibilidad de lograr perfiles lipídicos más saludables y con excelentes atributos sensoriales es una estrategia posible.

Por ejemplo, elevadas proporciones de grasas monoinsaturadas en carnes para consumo fresco determinan beneficios muy importantes. En primer lugar, el Ácido Oleico (principal componente de las grasas monoinsaturadas) tiene un efecto positivo sobre las lipoproteínas de alta densidad (HDL), factor de protección sobre enfermedades cardiovasculares. En segundo lugar, estas grasas son mucho más resistentes a la oxidación (Rhee *et al.*, 1988; López Bote *et al.*, 1997) y generan productos finales de oxidación con menor proporción de hexanal (Larick *et al.*, 1992), lo cual es muy favorable para las características sensoriales de la carne y sus derivados (Ventanas *et al.*, 2007).

Modificación de la composición de la grasa a través de la alimentación

La composición en ácidos grasos de los lípidos de la carne porcina varía según su localización anatómica, el tipo genético, el sexo y fundamentalmente la alimentación (Scheeder *et al.*, 2000; Wood *et al.*, 2004; Martínez *et al.*, 2007). En el caso del cerdo, al tratarse de un animal monogástrico prácticamente toda la grasa del alimento la retiene en el organismo con pocas variaciones y existe una estrecha relación entre el tipo de grasa ingerida y depositada (Miller *et al.*, 1990; Larick *et al.*, 1992).

Los ácidos grasos en los tejidos del cerdo se originan por deposición directa a partir del alimento y por la propia síntesis del animal. De esta manera, como ya fuera mencionado, en los monogástricos por medio de la dieta puede manipularse, dentro de ciertos límites, las características de los depósitos grasos corporales; ya que la composición de ácidos grasos de los lípidos tisulares reflejarán de un modo más o menos aproximado el perfil de ácidos grasos de los alimentos ingeridos.

Además de la deposición directa de ácidos grasos de los alimentos en los tejidos, los cerdos pueden sintetizar ácidos grasos saturados a partir de hidratos de carbono y proteínas (síntesis "de novo") gracias a la acción de un sistema multienzimático presente en los tejidos del animal. A partir de estos ácidos grasos saturados se forman por síntesis endógena ácidos grasos insaturados, también por acción enzimática (López Bote *et al.*, 1999).

Los factores dependientes de la alimentación que modifican la composición en ácidos grasos de los tejidos del cerdo son: proporción de grasa e hidratos de carbono presentes en la dieta, el perfil lipídico de la grasa de dieta, el plano alimenticio y la duración del suministro de la dieta (Isabel y López Bote, 2000; García *et al.*, 2004).

Efecto de la proporción de grasa e hidratos de carbono de la dieta. El *contenido en grasa e hidratos de carbono* de la dieta determina en gran medida el tipo y la cantidad de los ácidos grasos que son fijados en los tejidos del cerdo. Cuando la energía de la dieta es provista mayoritariamente por grasa, los ácidos grasos son depositados en los tejidos del cerdo sin apenas sufrir cambios, inhibiéndose la síntesis "de novo" de ácidos grasos por dos razones fundamentales: ausencia de sustratos iniciadores de la reacción (que se originan en los carbohidratos) e inhibición por parte de los ácidos grasos de la dieta de enzimas que producen SFA. Por ende, cerdos alimentados con dietas con mayor proporción de grasa presentan valores de ácidos grasos saturados menores y un mayor porcentaje de MUFA y PUFA. Por el contrario, en dietas donde la mayor proporción de la energía es aportada por carbohidratos, se promueve la síntesis "de novo" de grasa, que se caracteriza por una muy importante proporción de SFA.

Efecto de la composición en ácidos grasos de la dieta. Además del tenor de grasa de la dieta, la composición lipídica de los tejidos animales va a estar determinada por el perfil de ácidos grasos de la misma.

Las características de los alimentos de uso frecuente en la producción de cerdos difieren en forma importante en el aporte de grasa y perfil de ácidos grasos (Cuadro 3).

Como es posible apreciar en el cuadro anterior, algunos alimentos tienen un significativo aporte de SFA, como es el caso de la harina de carne y el suero de quesería; mientras que otros, como el afrechillo de arroz y el poroto de soja presentan un elevado porcentaje de PUFA.

A su vez, la incidencia que tendrán dependerá del porcentaje de grasa que contenga el alimento. Si bien el maíz contiene un 52% de Ácido Linoleico en su fracción lipídica, al presentar un bajo contenido de grasa, el aporte que el alimento hará de dicho ácido graso será del 1.87% en el alimento. Por otro lado, los residuos de la faena de aves, a pesar que tienen una proporción de Ácido Linoleico en su grasa mucho menor a la del maíz, el aporte que hacen de este ácido poliinsaturado es

más del doble (4.01%) dado su elevado tenor en extracto etéreo.

Estas importantes diferencias en los alimentos producen no menos importantes variaciones en los ácidos grasos del tejido adiposo del cerdo (Cuadro 4).

La Dieta 1 está compuesta básicamente por maíz, harina de carne y harina de soja, mientras que los alimentos que integran la Dieta 2 son el maíz y el poroto de soja desactivado. La alta proporción de PUFA presentado por la Dieta 2 (61.49%) en relación a la 1 (50.08%) determinó una mayor proporción de dichos ácidos grasos en la grasa subcutánea a la que dio origen. Si bien existen diferencias a nivel del Ácido Linoleico y del Linoléico, los valores del primero para la grasa originaria de la Dieta 2 superan el umbral crítico del 15%, que se establece como límite máximo para la producción de chacinados.

A propósito de lo anterior, a nivel nacional, los industriales chacineros manifiestan que la grasa es un problema tecnológico de gran relevancia, dada la frecuencia con que se adquiere materia prima con alto nivel de insaturación. Según los mismos,

Cuadro 3. Composición aproximada en ácidos grasos de alimentos que frecuentemente componen la dieta de cerdos (% de la grasa).

	Grasa	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	SFA	MUFA	PUFA
Maíz	3,6	10,5	2,5	32,5	52	1	13	27	58
Afrechillo de arroz	18,73	18	2	40	36,6	1,1	20	57	40,5
Poroto de soja	19,8	11	4	22	54	8	15,2	22,2	62,4
Residuos faena de aves	19,3	21	8,03	41,3	20,8	2,73	29,99	45,65	24,65
Harina de carne	14,4	23,8	14,5	42,9	8,44	0,8	40,56	46,69	10,08
Suero quesería	0,6 – 0,9	27,5	10,6	26,4	2,2	0	61,9	39,5	4,2
Sebo		24,8	21,3	38,3	2	0	49,3	41,5	2

Fuente: Dolz (1996); Bauzá (2000); De Blas *et al.* (2003).

Cuadro 4. Perfil lipídico de diferentes dietas y sus correspondientes grasas subcutáneas (p<0.01).

	Perfil lipídico Dieta 1	Perfil lipídico Dieta 2	Perfil lipídico Grasa subcutánea Dieta 1	Perfil lipídico Grasa subcutánea Dieta 1
C16:0	16,26	12,12	24,00 a	22,9 a
C18:0	5,67	2,97	14,90 a	14,9 a
C18:1	26,95	23,4	41,53 a	37,86 b
C18:2	48,7	55,75	12,00 a	16,71 b
C18:3	1,38	5,74	0,96 b	1,27 a

Fuente: Capra *et al.* (datos sin publicar)

resulta imprescindible conocer el sistema de producción de los productores proveedores, fundamentalmente la genética y la base alimenticia utilizada. Varias empresas deciden rechazar aquellos animales alimentados con restos de faena de aves y otros subproductos que dan origen a grasas de baja consistencia y escasa estabilidad oxidativa (CNFR-INIA, 2007).

Por otra parte, los ácidos grasos de la dieta, además de depositarse en los tejidos animales casi sin modificaciones, ejercen un efecto regulador de las enzimas encargadas de la síntesis de SFA y la insaturación de los mismos para formar MUFA. Tal es así que dietas ricas en MUFA (oleico principalmente), activan la formación de Ácido Oleico a partir de Ácido Estearico, mientras que la presencia de PUFA (Ac. Linoleico principalmente) producen una inhibición de los MUFA a partir del ácido graso saturado correspondiente (Cava *et al.*, 1997).

En el caso de los ácidos Linoleico y Linolénico, al tratarse de un ácidos grasos esenciales, la única ruta de deposición posible es la directa a partir del alimento.

Efecto del plano alimenticio. En general, las dietas con bajo contenido energético dan lugar a animales con una grasa más insaturada en relación a la obtenida por aquellos que tuvieron alimentados con una dieta energéticamente completa, debido a una disminución del Ácido Palmítico y un incremento del Ácido Linoleico (Merkel *et al.*, 1958, citado por García *et al.*, 2004). Como el cerdo es incapaz de sintetizar Ácido Linoleico, estas restricciones hacen que se eleve su concentración. Esto está relacionado con la escasa actividad de síntesis general, entre la que se encuentra la síntesis "de novo" de SFA y MUFA. Un bajo plano nutritivo obliga a dirigir la mayor parte de la energía metabolizable ingerida a cubrir necesidades de mantenimiento y no a la acumulación de lípidos en los tejidos (López Bote *et al.*, 1999).

Esto lleva a suponer que el plano nutricional tendrá incidencia sobre la proporción de Ácido Linoleico en los tejidos grasos y por ende en la consistencia de la grasa.

Efecto de la duración del período de suministro de la dieta. Dado que buena parte de los ácidos grasos son fijados directamente en los depósitos grasos del animal, la duración del período de suministro del alimento influirá en la presencia de unos ácidos grasos u otros.

El depósito de grasa intramuscular se produce en edades más tardías que el de la grasa subcutánea. Por tanto, su composición va a tener una relación más cercana al perfil de ácidos grasos del alimento de las últimas etapas del engorde que la que presenta la grasa subcutánea (Cava *et al.*, 1997). En términos generales, al aumentar el tiempo de suministro, el perfil de ácidos grasos de los tejidos se acerca más a las características de la grasa de la dieta.

Utilización de antioxidantes

Teniendo en cuenta la importancia de la estabilidad oxidativa de la grasa tanto a nivel tecnológico, como organoléptico y sensorial, los antioxidantes tienen un papel a desempeñar en ese sentido.

Como ya se dijo, la tendencia a modificar la grasa de la carne hacia perfiles más saludables (p.e. mayor proporción de ácidos grasos ω -3) tiene el inconveniente de producir productos más susceptibles a la oxidación lipídica.

La suplementación de dietas animales con antioxidantes fenólicos (por ejemplo: BHT, BHA) es muy frecuente en la producción porcina. El problema es que estos productos apenas son absorbidos, por lo que solo ejercen su efecto antioxidante estabilizando las grasas de los alimentos, pero no la de los productos animales.

Sin embargo, la vitamina E (α -tocoferol) suplementada en la dieta animal ejerce su papel antioxidante durante el proceso industrial y en los productos cárnicos finales, ayudando en la estabilización del color y retrasando el deterioro oxidativo aún en carnes congeladas, cocidas o picadas. Cuando a la dieta animal se le adiciona α -tocoferol (200 mg/kg), tanto el tejido muscular como el adiposo acumulan postmortem menor cantidad de productos provenientes de la oxidación lipídica, sobre todo cuando la grasa es rica en PUFA (Monahan, 2002).

Al ser la vitamina E un producto de costo muy elevado, a la hora de decidir su utilización deberá tenerse en cuenta el producto final (cuanto mayor valor agregado tenga éste, más valdrá la pena utilizarla), el tiempo de administración y la dosis necesaria.

Efecto de las pasturas sobre la calidad de la carne

La pastura como alimento tiene un efecto sobre el valor nutricional de la carne: aporta alta concentración de hierro, es fuente de ácidos grasos esenciales, principalmente α -linolénico (Cuadro 5) y contiene niveles importantes de α -tocoferol y otros antioxidantes naturales (Daza *et al.*, 2005; Ventanas *et al.*, 2007).

Además del aporte nutricional de la pastura, el ejercicio físico que realiza el animal durante el pastoreo tiene efecto sobre atributos de calidad de la carne, como es caso del color (Cuadro 6), por mayor concentración de mioglobina y por que gracias a actividad antioxidantes de los α -tocoferoles se reduce la oxidación de ese pigmento de la carne. También el ejer-

Cuadro 5. Perfil de ácidos grasos de pasturas.

C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
21 - 27	3,4 - 4	10 - 12	22 - 23	33 - 40,2

Fuente: López Bote (2001); García Martín (2001); De Blas (2003).

Cuadro 6. Color de la carne según sistema de producción ($p < 0.01$).

	Semi-Extensivo (con acceso a pastura)	Confinado
Color rojo (a*)	11.72a	9.71b

Fuente: Echenique y Capra (datos sin publicar).

cicio físico está relacionado con el contenido en grasa de la canal y el perfil lipídico de la misma (Isabel y López Bote, 2000).

En el músculo, el porcentaje de cada tipo de fibra muscular es constante a lo largo de la vida del animal, mientras que las características bioquímicas y fisiológicas son susceptibles de sufrir variaciones de acuerdo al tipo de alimentación, la edad, el genotipo, el sexo y la actividad física desarrollada (Cava y Andrés, 2001). En relación a este último factor, se observó que el desarrollo de una actividad moderada determina un incremento de las fibras rojas oxidativas (tipo I), mejorando los caracteres sensoriales de la carne como el sabor, la jugosidad y la intensidad del color de la carne (Graziotti, 2000).

Finalmente, cabe señalar que la pastura al ser un alimento voluminoso, actúa como un factor de restricción de energía en la dieta, dando lugar a canales con menor grasa de cobertura. Bauza et al (2003) con cerdos alimentados con ración y pastura obtuvieron canales con menor EGD y proporción de cortes nobles que en el caso de animales alimentados únicamente con ración balanceada.

CONCLUSIONES

La calidad de la carne se ve afectada por múltiples factores previos y posteriores a la faena de los animales, pero la alimentación juega un papel determinante en la aptitud tecnológica (consistencia y color de la grasa, estabilidad oxidativa de lípidos y pigmentos), en el valor nutricional (proporción de los diferentes ácidos grasos, tenor graso de la carne) y en los atributos sensoriales de la carne (color, aroma, sabor, jugosidad).

La condición de monogástrico del cerdo abre la posibilidad de modificar la composición de los ácidos grasos de sus tejidos hacia perfiles más saludables, en caso de destinar la carne para consumo fresco o hacia composiciones con mayor aptitud tecnológica. En este sentido, se debe trabajar sobre los factores dependientes de la alimentación que modifican la composición en ácidos grasos de los tejidos del cerdo (proporción de grasa e hidratos de carbono presentes en la dieta, el perfil lipídico de la grasa de dieta, el plano alimenticio y la duración del suministro de la dieta).

La inclusión en la dieta animal de fuentes ricas en MUFA y en ácidos grasos $w-3$ puede resultar en un elemento diferenciador de la carne porcina respecto a otras especies y factor de su promoción para el consumo fresco.

Dado que existe la posibilidad de diferenciar un tipo de cerdo destinado al consumo fresco y orientar los subproductos de éste a ciertas elaboraciones que admiten un perfil de ácidos grasos con mayor grado de insaturación, la obtención de reses con un mayor porcentaje de MUFA y ácido α -linolénico y una mejor relación PUFA/SFA y $w-6/w-3$ es una meta de gran relevancia.

BIBLIOGRAFÍA

- Bauza, R. 2000. El afrechillo de arroz como alimento para cerdos y otros animales domésticos. Montevideo, Facultad de Agronomía. 80pp.
- Bauza, R.; Gil, M.J. y Petrocelli; H. 2003. Evaluación del comportamiento de cuatro tipos de cerdos sometidos a los tres sistemas de alimentación más comúnmente utilizados en el país. In: Evaluación Bioeconómica de Sistemas de Producción de Cerdos. FPTA 130. Serie FPTA-INIA. pp 88-134.
- Boulard J, Bouyssiere M, Chevillon P, Kerisit P and Le-Jossec P. 1995. Le tri des Jambons selon la qualité des gras an salle de découpe. Tech-Porc 95 :21-31.
- Cava, R. y Andrés, A.I. 2001. La obtención de materia prima de una adecuada aptitud tecnológica. Características de la grasa determinantes de la calidad del jamón: influencia de los factores genéticos y ambientales. En: Tecnología del jamón ibérico. Madrid, Mundi-Prensa. pp. 99-130.
- Cava, R.; López Bote, C; Martín, L; García, C; Ventanas, J. and Antequera, T. 1997. Influence of finishing diet on fatty acid profiles of intramuscular triglycerides and phospholipids in muscles of iberian pig. Meat Sci. 2:263-270.
- Cassens, R.G. 2000. Historical perspectives and current aspects of pork quality in the USA. Food Chemistry 69(4):357-363.
- Comisión Nacional de Fomento Rural-Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. 2007. Encuesta a Empresas Cárnica Porcinas. INIA Las Brujas.
- Davis, G.W. 1975. Relationship of quality indicators to palatability attributes of pork loins. J. Anim. Sci. 41(5), 1305-1313.
- Daza, A. y Buxadé, C. 2000. La calidad de carne del cerdo blanco. En: Producción Porcina: aspectos claves. Madrid. Mundi-Prensa. pp. 239-257.
- Daza, A.; Rey, A.I.; Ruiz, J. and López Bote, C. 2004. Effect of feeding in free-range conditions or in confinement with different dietary MUFA/PUFA ratios and α -tocopherol acetate, on antioxidants accumulation and oxidative stability in Iberian pigs. Meat Sci. 69:151-163.

- De Blas, C.; González Mateos, G. y García Rebollar, P. 2003. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2ª edición) Madrid, España. 423 pp.
- De Vol D.L.; McKeith F.K.; Bechtel P.J.; Novakofski J.; Shanks R.D. and Carr T.R. 1988. Variation in composition and palatability traits and relationship between muscle characteristic and palatability in a random sample of pork carcasses. *J. Anim. Sci.* 66(2), 385-395.
- Dolz, S. 1996. Utilización de grasas y subproductos lipídicos en monogástricos. XII Curso de Especialización FEDNA. Madrid. 7-8 noviembre 1996.
- Echenique, A. y Capra, G. 2006. Diagnóstico de situación de la calidad de carne porcina para consumo fresco en el Uruguay. Serie Técnica 160. INIA Las Brujas.
- Engel, J. J.; Smith, J. W.; Unruh, J. A.; Goodband, R. D.; O'Quinn, P. R.; Tokach, M. D. and Nelssen, J. L. Effects of choice white grease or poultry fat on growth performance, carcass leanness, and meat quality characteristics of growing-finishing pigs. *J. Anim Sci* 2001 79: 1491-1501.
- Enser, M.; Richardson, R. I.; Wood, J. D.; Gill, B. P. and Sheard, P. R. 2000. Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. *Meat Sci.* 55(2):201-212.
- Fernández, X.; Monin G.; Talmant A.; Hourot J. and Lebret B. 1999. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat-2. Consumer acceptability of *m. longissimus lumborum*. *Meat Sci.* 53, 67-72.
- Font, M. y Gispert, M. 2004. Producción porcina y clasificación de canales en los países europeos. *Eurocarne* 125:61-71.
- García, R.M.; Quiles, R y Luque, M.D. 2004. Efecto de la alimentación en las características de la canal y la grasa del cerdo blanco. *Eurocarne* 129: 1-9.
- García Martín, M. Manejo nutricional del cerdo Ibérico. En: *Porcino Ibérico: aspectos claves*. Mundi-Prensa. Madrid. pp. 273-328.
- Graziotti, G.; Ríos, C. y Basso, L.. 2000. Las fibras musculares esqueléticas y la producción de carne en el cerdo. *Rev. Argentina de Producción Animal* 20(2):145-159.
- Grompone, M.A.; Irigaray, B.; Gil, M. 2006. Estudio del exudado de aceite en salamines en función de las propiedades de la grasa utilizada. *Revista Aceites y Grasas*. Tomo XVI. Vol 1. N°62
- Isabel, B. y López Bote, C. 2000. Ácidos grasos, antioxidantes naturales y ejercicio: factores que determinan la calidad de los productos del cerdo ibérico. Libro de Ponencias II Jornadas El cerdo ibérico y sus productos. Mayo 2000. Salamanca. pp 2-10.
- Jones S.D.M.; Tong A.K.W.; Campbell C. and Dyck R. 1994. The effects of fat thickness and degree of marbling on pork color and structure. *Can. J. Anim. Sci.* 74(1), 155-157.
- Kim, J. D.; Hyun, Y; Hamilton, D. N.; Baker, D. H.; McKeith, F. K. and Ellis, M. 2002. Effect of dietary lysine and leucine levels on carcass composition, meat quality, and growth performance in finishing pigs. *Journal of Animal Science* 80(1):219.
- Larick, D.K.; Turner, B.E.; Schoenherr, W.D.; Coffey, M.T. and Pilkington; D.H. 1992. Volatile compound contents and fatty acid composition of pork as influenced by linoleic acid content of the diet. *J. of Anim. Sci.* 70:1397-1403.
- López Bote, C.; Isabel, B y Rey, A. 1999. Efecto de la nutrición y el manejo sobre la calidad de la grasa de cerdo. XV Curso de Especialización FEDNA. 26 pp. Madrid.
- López Bote, C. 2001. Alimentación del cerdo Ibérico con piensos compuestos. En: *Porcino Ibérico: aspectos claves*. Mundi-Prensa. Madrid. pp. 247-272.
- López Bote, C; Rey, A.I.; Ortiz, L. y Menoyo, D. 2004. Cambios en el perfil de ácidos grasos en productos animales en relación con la alimentación animal y humana. 2. Monogástricos. XX Curso de Especialización FEDNA. Barcelona. 23-24 Noviembre 2004.
- Martinez, S.; Cachaldora, A.; Fonseca, S; franco, I. y Carballo, J. 2007. La grasa del cerdo de raza Celta: perfil de ácidos de los lípidos neutros y polares en distintas localizaciones de la canal. *Eurocarne* 154:1-13.
- Miller, M. F.; Shackelford, S. D.; Hayden, K. D. and Reagan, J. O. 1990. Determination of the alteration in fatty acid profiles, sensory characteristics and carcass traits of swine fed elevated levels of monounsaturated fats in the diet *J Anim Sci* 68:1624-1631.
- Mitchaothai, J.; Yuangklang, C.; Wittayakun, S.; Vasupen, K.; Wongsutthavas, S.; Srenanul, P; Hovenier, R.; Everts, H. and Beynen, A.C. K. 2007. Effect of dietary fat type on meat quality and fatty acid composition of various tissues in growing-finishing swine. *Meat Sci.* 76(1):95-101.
- Monahan, F. 2002. Oxidación de los lípidos de la carne y los productos cárnicos: implicaciones y prevención. *Eurocarne* 109: 1-7.
- Pastorelli, G.; Magni, S.; Rossi, R.; Pagliarini, E; Baldini, P.; Dirinck, P; Van Opstaele; F. and Corino, C. 2003. Influence of dietary fat, on fatty acid composition and sensory properties of dry-cured Parma ham. *Meat Sci.* 65(1):571-580.
- Periago, J.L.; Sánchez, M.A.; Camano, G. y Suarez, M.D. 1989. Changes in lipid composition of liver microsomas and fatty acyl-CoA desaturase activities
- Rhee, K.S; Ziprin, Y.A.; Ordóñez, G. and Bohac, C. E. 1988. Fatty acid profiles of the total lipids and lipid oxidation in pork muscles as affected by canola oil in the animal diet and muscle location. *Meat Sci.* 23(3):201-210
- Ruiz, J. y López-Bote, C. 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 noviembre 2005.

- Scheeder, M.R.L.; Glaeser, K.R.; Eichenberg, B. and Wenck, C. 2000. Influence of different fats in pig feed on fatty acid composition of phospholipids and physical meat quality characteristics: *Eur. Jour. Lipid Sci. Technol.* 102:391-401.
- Ventanas, S; Ventanas, J.; Tovar, J; García, C and Estévez, M. 2007. Extensive feeding versus oleic acid and tocopherol enriched mixed diets for the production of Iberian dry-cured hams: Effect on chemical composition, oxidative status and sensory traits *Meat Sci.* 77(2):246-256.
- Voutier, A. 2005. Les valeurs nutritionnelles de la viande de porc: les facteurs de variation. *Institut Technique du Porc.* 43 pp.
- Warnats, N. y Van Oeckel, M.J. 1996. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork tissues and its implications for the quality of the end products. *Meat Sci.* 44:125-144.
- Warnats, N.; Van Oeckel, M.J. and Boucqué, C.V. 1998. Effect of dietary polyunsaturated fatty acids in pork backfat on the quality of salami. *Meat Sci.* 49(4):435-445.
- Whittington, F.M ; Prescott, N.J.; Wood, J.D. and Enser, M. 1986. The effect of dietary linoleic acid on the firmness of backfat in pigs on 85 kg live weight. *J. of the Sci. of Food and Agricultural* 37:753-761.
- Williams, N.H.; Emmett, R.; Melody, J.; Fields, B; Pommier, S.; Klont, R.; Eldon, W.; Sosnicki, A. y Carrion, D. 2005. Influencia de la genética y la alimentación sobre el sabor de la carne de cerdo. XXI Curso de Especialización FEDNA. pp 37-49. Madrid.
- Wood, J.D.; Richardson, R. I.; Nute, G. R. ; Fisher, A. V. ; Campo, M. M. ; Kasapidou, E.; Sheard; P. R. and Enser, M. 2004. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci.* 66(1):21-32.