



Pequeñas variaciones en el tiempo de ayuno y calidad de la carne de cerdo

El ayuno de los animales antes del sacrificio es una práctica habitual con fines higiénico-sanitarios y económicos. Se evalúa el efecto que tiene sobre el valor nutricional de la carne de cerdo variaciones de 2-3 horas en el tiempo de ayuno previo al sacrificio.

Rey, A.I.¹, de-Cara, A. ¹, Escudero, R. ¹, Segura, J. ¹ y Calvo, L. ²

1. Dpto. Producción Animal. Facultad de Veterinaria
Universidad Complutense de Madrid

2. Incarlopsa
Ctra. N-400 km. 95400
16400 Tarancón
Cuenca

Introducción

El ayuno es una práctica habitual llevada a cabo principalmente con fines higiénico-sanitarios puesto que el estómago vacío disminuye la contaminación de la canal además de facilitar el manejo de los animales en el momento del eviscerado (Eikelenboom *et al.*, 1991). El tiempo de ayuno supone también un ahorro económico (Frobose *et al.*, 2014) y se ha demostrado que tiene efectos sobre la calidad de la carne al reducir los niveles de glucógeno y, por lo tanto, produciendo mayores valores de pH en el músculo en los momentos iniciales tras el sacrificio (Warriss y Brown, 1983) que se traducen en menores pérdidas de exudado (Faucitano, 2018) y en la prevención de la aparición de carnes PSE. Sin embargo, una práctica de ayuno no adecuada o tiempos de ayuno muy prolongados puede provocar la aparición de carnes DFD (Guàrdia *et al.*, 2009), así como aumentar la agresividad con posibles daños so-

bre la canal (Brown *et al.*, 1999) por lo que es importante tenerlo en cuenta en términos de bienestar y de calidad. Además, el estatus de privación de alimento supone una serie de cambios metabólicos en el animal, que necesita seguir obteniendo energía, lo que puede desencadenar cambios en el perfil lipídico en función de cómo se lleve a cabo la movilización de grasas (Bochicchio *et al.*, 2015), afectando al perfil nutricional del producto así como a otras características de calidad relacionadas (sabor, aroma, etc.). El tiempo de ayuno recomendado en la práctica oscila entre 16-24 h (Eikelenboom *et al.*, 1991), mientras que otros autores consideran más adecuados periodos entre 8-18 h (Warriss, 1994). En la mayoría de los estudios llevados a cabo se comparan tiempos de ayuno muy distanciados entre sí, sin que se conozca el alcance real que pequeñas variaciones (hecho que ocurre con frecuencia en la industria) puedan ocasionar en el perfil nutricional de la carne y en cómo esos cambios pueden afectar a la estabilidad oxidativa y otros parámetros de calidad.

En un proyecto recientemente llevado a cabo entre distintas industrias del sector cárnico y la Universidad Complutense de Madrid, se evaluó el efecto que pequeñas variaciones de tan solo 2-3 horas en el tiempo de ayuno pueden tener sobre el valor nutricional de la carne de cerdo. En concreto, se estudiaron las variaciones en la composición en ácidos grasos, en la capacidad de retención de agua, así como sobre su vida útil. En este estudio se utilizaron cerdos de la raza Lar-

ge-white × Landrace que se cebaron durante 28 días desde los 61,3 hasta los 120,4 ± 0,5 kg en una granja (Centenera del Campo, Soria) con ambiente controlado. Una vez finalizado el periodo de cebo, y antes del sacrificio (Incarlopsa, Tarancón), se les retiró el alimento en granja a diferentes tiempos de forma que los animales sufrieron un tiempo total de ayuno de 17, 19 o 22 h (Bajo, Medio y Alto, respectivamente), siendo el tiempo de transporte y de espera en matadero similar en todos los grupos. Los métodos que se emplearon para la determinación de la calidad de la carne se describen en Rey *et al.*, (2020).

Efecto de pequeñas variaciones en el tiempo de ayuno sobre pH y capacidad de retención de agua

Como consecuencia del ayuno, los niveles de glucógeno en el momento del sacrificio disminuyen y, consecuentemente, la glucólisis *post-mortem*, por lo que se previene el hecho de que se produzca una brusca bajada del pH (que daría lugar a carnes PSE), produciéndose carnes con un pH más alto respecto a animales no ayunados y, en consecuencia, menores pérdidas de agua (Faucitano, 2018). En el presente estudio, las pequeñas variaciones en el tiempo de ayuno no afectaron a los valores medios de pH, sin embargo, sí se observó una tendencia a tener una mayor actividad proteolítica (medida como el índice de fragmentación miofibrilar o MFI), la cual se ha asociado con menores pérdidas de agua (Calvo *et al.*, 2016).

FRONTMATEC INTECAL

FRONTMATEC



Instalaciones completas y maquinaria para mataderos y salas de despiece. Plantas de anestesiado mediante CO₂. Sistemas de clasificación de canales

Robótica para líneas de sacrificio y de despiece



Pasos sanitarios. Tecnología de la higiene. Sistemas automáticos, ergonómicos y de embalaje



Aturdidores de perno cautivo



Descortezadoras, desveladoras y peladoras. Cortadoras fileteadoras de carne fresca



Sierras y cizallas para líneas de sacrificio y de despiece



Recambios y asistencia técnica para instalaciones BANSS



Sistemas de transporte de residuos y subproductos por aspiración mediante vacío



Maquinaria para la limpieza y tratamiento de subproductos comestibles



Equilibradores Kromer para la suspensión de cargas



Cintas de sierra



Sistemas de desinfección mediante UVC



Sistemas para el cierre de esófago y recto



Afiladoras, cuchillos y aceros



Atadoras de lazo



Palas para máquinas depiladoras. Latiguillos para máquinas flageladoras

Crom 99F

08907 L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona)

Tel. +34 93 264 38 00
www.frontmatec.com

info@intecal.com
www.intecal.com

FIGURA 1

Efecto de pequeñas variaciones en el tiempo de ayuno sobre las pérdidas de exudado y actividad proteolítica (MFI) de la carne

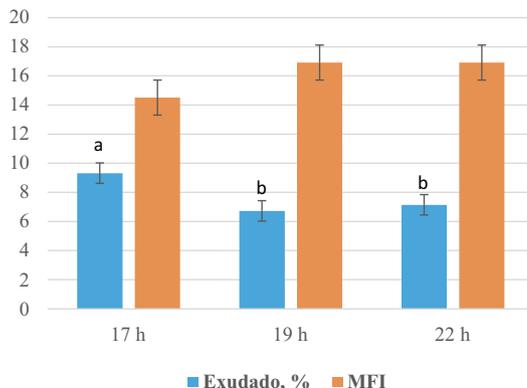


FIGURA 2

Efecto de pequeñas variaciones en el tiempo de ayuno sobre la proporción de ácidos grasos neutros poliinsaturados (%) de la grasa intramuscular

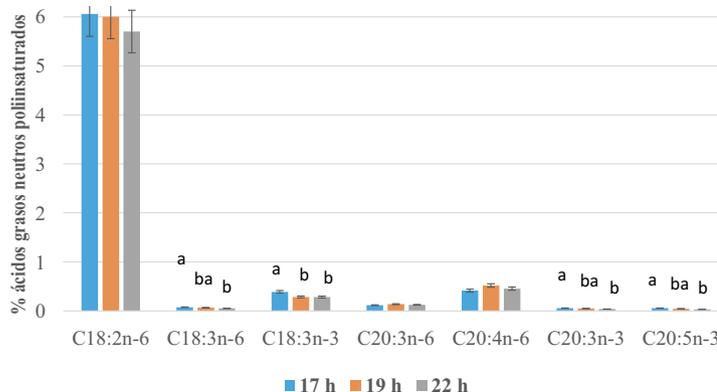


TABLA 1

Efecto de pequeñas variaciones en el tiempo de ayuno sobre la proporción de lípidos neutros y ácidos grasos libres de la grasa intramuscular

	17 h	19 h	22 h	SEM ⁴	P ⁵
Lípidos neutros %					
ΣSAT ¹	40,63	40,70	41,22	0,726	0,6427
ΣMUFA ²	51,07	51,01	50,90	0,626	0,9381
ΣPUFA ³	7,38	7,36	6,98	0,430	0,6104
Σn6	6,72	6,80	6,43	0,401	0,6277
Σn3	0,66 a	0,56 b	0,56 b	0,047	0,0753
Σn6/Σn3	10,59 b	12,27 a	11,87 a	0,555	0,0123
Ácidos grasos libres %					
ΣSAT ¹	37,18	36,47	37,62	1,295	0,6860
ΣMUFA ²	37,34 a	35,00 b	32,33 c	0,901	0,0001
ΣPUFA ³	25,48 b	28,53 ba	30,04 a	1,562	0,0227
Σn6	24,44 b	27,23 ba	29,16 a	1,546	0,0202
Σn3	1,03 b	1,30 a	0,88 b	0,099	0,0017

1 ΣSAT= Suma de todos los ácidos grasos saturados;

2 ΣMUFA= Suma ácidos grasos monoinsaturados;

3 ΣPUFA= Suma ácidos grasos poliinsaturados;

4 SEM= Error estándar de la media;

5 P Las diferencias fueron estadísticamente significativas cuando P<0,05

Efecto de pequeñas variaciones en el tiempo de ayuno sobre el contenido en grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos

Los resultados ponen de manifiesto que, a pesar de que el contenido en grasa intramuscular no se vio afectado, sí se observó una movilización de ácidos grasos diferente y selectiva a pesar de las pequeñas

variaciones en el tiempo de ayuno de tan solo 2 horas. En concreto en la fracción grasa mayoritaria (triglicéridos), el tiempo de ayuno más reducido produjo una mayor proporción generalizada en n-3 (figura 2 y tabla 1), y en concreto en C20:3 n-3, C20:5 n-3 y C18:3 n-3, lo que dio lugar a un ratio n-6/n-3 más bajo en comparación con el grupo que ayunó más tiempo, por lo que tiempos de ayuno de 17 y 19 h dieron lugar a una carne con mayor valor nutricional. La movilización de los n-3 es mayor que otro tipo de ácidos grasos debido a que tienen una estructura que hace posible su localización periférica en la gota de grasa y, por tanto, son más accesibles por las lipasas (Raclot y Groscolas, 1995) favoreciendo los fenómenos de lipólisis y utilización en el organismo. La mayor o menor presencia de ácidos grasos n-3 de cadena larga es un aspecto de interés para la salud del consumidor, puesto que su deficiencia se ha asociado con la aparición de enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades neurodegenerativas (Riediger *et al.*, 2009).

Esta disminución de determinados ácidos grasos en la principal fracción de grasa intramuscular por fenómenos de lipólisis, como consecuencia del ayuno previo al sacrificio, produjo también una variación en la producción de ácidos grasos libres. De forma que los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) libres predominaron en la carne de animales que ayunaron 22 h, y en concreto los de la serie n-6 (tabla 1 y figura 3), mientras que los ácidos grasos libres que predominaron en el ayuno medio fueron los n-3. Borchicchio *et al.*, (2015) usando tiempos de ayuno de

12 h y 60 h observaron también una mayor movilización de los ácidos grasos poliinsaturados que de saturados (SAT) en aquellos cerdos que tuvieron un ayuno de 60 h y éstos presentaron, además, una cantidad mayor de ácidos grasos libres. Estos resultados podrían indicar una movilización preferente de los poliinsaturados (Herzberg y Farrell, 2003). En cuanto a los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) libres, estos disminuyeron de forma proporcional según se incrementó la proporción de poliinsaturados libres. Los resultados de este estudio muestran que en poco rango de tiempo se puede ver modificada la concentración de ácidos grasos libres en la grasa intramuscular, lo cual puede tener efectos manifiestos en la calidad del producto al ser los ácidos grasos libres más inestables y más susceptibles a ser oxidados que los ácidos grasos esterificados (Enser, 1987). Así, aunque una mayor degradación o lipólisis de los ácidos grasos insaturados se ha asociado con un mayor desarrollo de aromas durante el procesado, una excesiva oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados se asocia a sabores y olores a rancio (Gandemer, 2002) lo que disminuye la calidad nutricional del producto y da lugar a una menor aceptación por el consumidor y la génesis de sustancias perjudiciales (Gray y Pearson, 1984). Sin embargo, los procesos de lipólisis procedentes de ácidos grasos monoinsaturados han sido asociados con sabores y olores agradables (Jensen *et al.*, 1998), por lo que una mayor proporción de los mismos en la carne sería un factor beneficioso para el procesado, sobre todo si el contenido total de los mismos no se ve afectado de forma significativa en la fracción de ácidos grasos de reserva.

Además, para evaluar la movilización de los lípidos se calculó el ratio entre la proporción de ácidos grasos libres y la de lípidos neutros, como un índice de “movilización/hidrólisis relativa” (Raclot y Grocolas, 1993). En los resultados de este estudio se confirmó que la mayor movilización tuvo lugar en los n-6-PUFA en concreto el C20:4 n-6 > C20:3 n-6 > 18:3 n-6 > C18:2 n-6 > C18:3 n-3. Es posible observar que con ayunos de 19 h se empiezan a movilizar el C18:2 n-6 y C18:3 n-3, lo que se tradujo en una menor hidrólisis de C18:1n-9 (figuras 4 y 5).

UN DUELO DE FUERZA QUE NO DEJA A NADIE INDIFERENTE



 **BECKER**

**BEST IN CLASS
EN BOMBAS DE VACÍO**

#OlimpiadasdeBecker
www.becker-iberica.com

FIGURA 3

Proporción de ácidos grasos libres monoinsaturados (izquierda) y poliinsaturados (derecha) de la grasa intramuscular según los distintos tiempos de ayuno aplicados

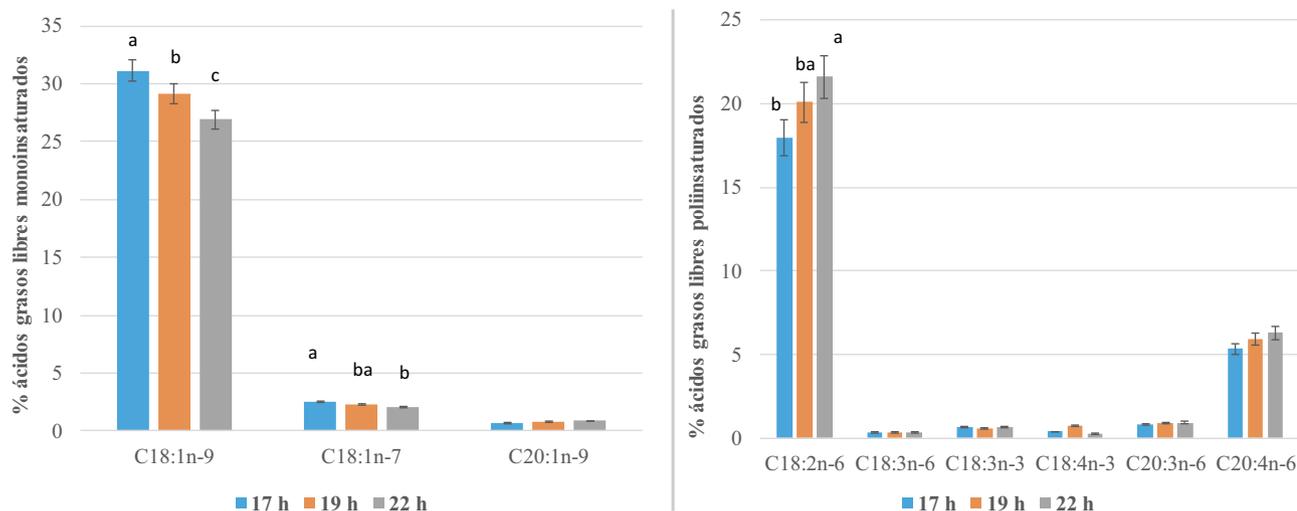


FIGURA 4

Mobilización/hidrólisis relativa de los ácidos grasos según los distintos tiempos de ayuno aplicados

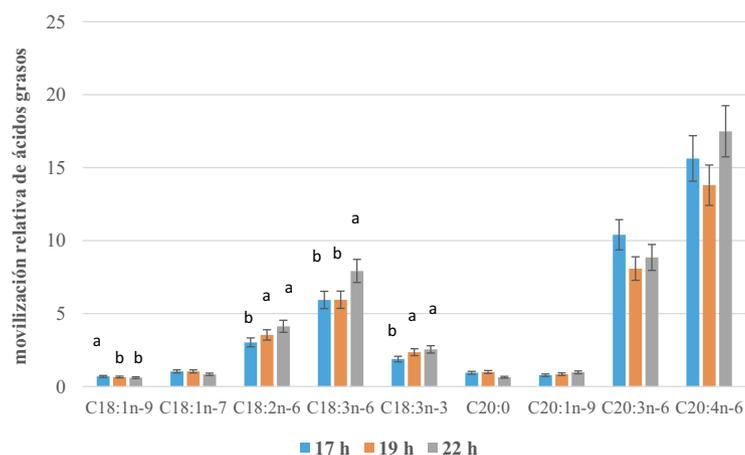
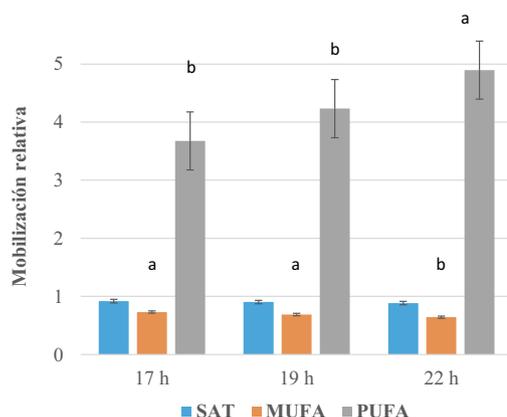


FIGURA 5

Mobilización/hidrólisis relativa de los principales grupos de ácidos grasos según los distintos tiempos de ayuno aplicados



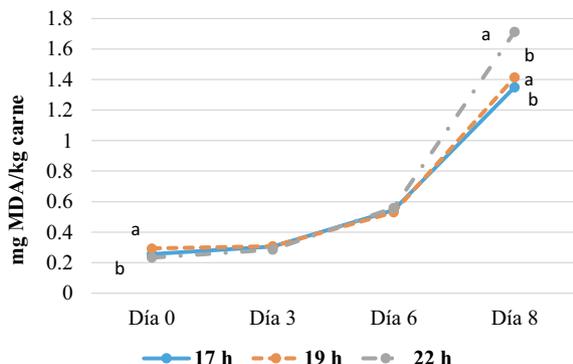
Efecto de pequeñas variaciones en el tiempo de ayuno sobre la estabilidad de la carne y su vida útil

La oxidación lipídica es la principal causa de deterioro de calidad de la carne, dando lugar a pérdida de nutrientes presentes en la misma y a un descenso en la estabilidad y el color rojo así como el desarrollo de compuestos que son percibidos por el consumidor como “a rancio” (Erickson, 2008). Como consecuencia de la oxidación se pueden generar distintos compuestos entre los que se encuentran peróxidos,

hidroperóxidos, aldehídos como pentanal, hexanal, etc., algunos de los cuales pueden tener efectos negativos para la salud del consumidor y otros están relacionados con la génesis de olores y aromas específicos (Jensen *et al.*, 1998). Para valorar la estabilidad a la oxidación de la grasa intramuscular según el tiempo de ayuno empleamos la cuantificación de malondialdehído (MDA) según el método del ácido tiobarbitúrico (TBA) (figura 6). En los resultados pudimos observar que las mayores diferencias en el proceso de oxidación según el tiempo de ayuno aplicado tuvieron lugar principalmente a partir del 6º día

FIGURA 6

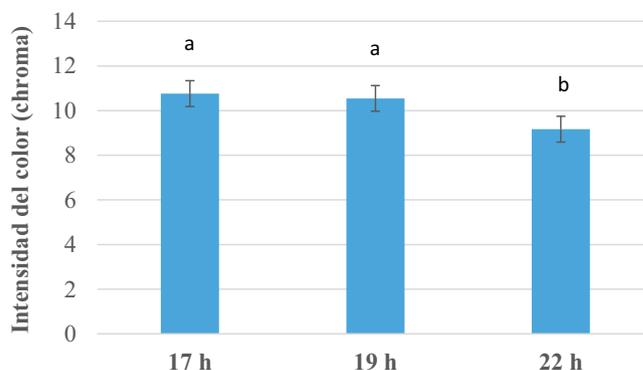
Concentración de malondialdehído (MDA) según el tiempo de ayuno practicado y el tiempo de conservación en refrigeración de la carne



de conservación en refrigeración, siendo la oxidación más acusada en la carne de cerdos que tuvieron un tiempo de ayuno de 22 h frente a 17 h o 19 h, lo que coincide con la mayor presencia de ácidos grasos libres PUFA (principalmente n-6 de cadena larga) y menor MUFA en este grupo. Estos resultados ponen de manifiesto que, teniendo en cuenta la producción de ácidos grasos libres en las condiciones experimentadas, un rango de diferencia de 2 horas de ayuno no produce apenas cambios en la estabilidad de la carne a la oxidación en el rango entre las 17-19 h. Sin embargo, variaciones superiores a 5 horas incrementan la oxidación en un 10%. Por tanto, desde este punto de vista, tiempos de ayuno de 17 o 19 h serían más adecuados para conseguir una calidad de carne adecuada.

FIGURA 7

Intensidad del color (chroma) de la carne según el tiempo de ayuno practicado



Efecto de pequeñas variaciones en el tiempo de ayuno sobre el color de la carne

El color es otra de las características de calidad más apreciadas por los consumidores que puede verse afectada por el tiempo de ayuno. En el presente estudio no se observaron cambios relevantes que incitaran a pensar que las pequeñas variaciones en el tiempo de ayuno puedan afectar de forma manifiesta al color de la carne, aunque la carne de animales que sufrieron un ayuno de 22 h presentó menor intensidad del color (figura 7), lo que también podría estar relacionado con la mayor presencia de ácidos grasos libres insaturados en este grupo y su mayor susceptibilidad a la oxidación.

Ingeniería, instalación y equipamientos
LINEAS DE PRODUCCION PARA MATADEROS Y SALAS DE DESPIECE



Ctra. d'Olot, 80 · 17174 SANT FELIU DE PALLEROLS
 Tel. (+34) 972 444 010 · mail: comercial@blasau.com · www.blasau.com



En conclusión, pequeñas variaciones de tan solo 2 horas en el rango del tiempo de ayuno entre 17-22 h son suficientes para observar cambios significativos en el perfil lipídico de la carne de cerdo, produciéndose una movilización preferente de los ácidos grasos poliinsaturados n-3 y n-6 con los consiguientes efectos sobre el valor nutricional de la carne. Además, tiempos de ayuno más prolongados (22 h) incrementan la producción de ácidos grasos poliinsaturados libres con un descenso de los procedentes de ácidos grasos monoinsaturados, disminuyendo así la vida útil del producto. Por tanto, en genotipos de cerdos blancos, y de cara a obtener un producto de calidad homogénea, es importante controlar las pequeñas variaciones en los tiempos de ayuno, siendo recomendables tiempos más cortos de cara a mantener el valor nutricional y la vida útil de la carne fresca.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido cofinanciada por el Ministerio de Economía y Competitividad dentro del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016 y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), Proyecto Retos-Colaboración RTC-2015-3550-2 en colaboración con la industria cárnica.

Bibliografía

- **Bochicchio, D., Comellini, M., Lambertini, P., Marchetto, G., & Della Casa, G.** (2015). Selective mobilization of fatty acids in adipose tissue of heavy pigs. *Animal*, 9, 158-165.
- **Brown, S. N., Knowles, T. G., Edwards, J. E., & Warriss, P. D.** (1999). Behavioural and physiological responses of pigs to being transported for up to 24 h followed by six hours recovery in lairage. *Veterinary Record*, 145, 421-426.
- **Calvo, L., Toldrá, F., Aristoy, M. C., López-Bote, C. J., & Rey, A. I.** (2016). Effect of dietary organic selenium on muscle proteolytic activity and water-holding capacity in pork. *Meat Science*, 121, 1-11.
- **Eikelenboom, G., Bolink, A. H., & Sybesma, W.** (1991). Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. *Meat Science*, 29, 25-30.
- **Enser, M.** (1987). What is lipid oxidation? *LWT-Food Science and Technology*, 1, 151-153.
- **Erickson, M. C.** (2008). Lipid oxidation of muscles foods. In C. C. Akoh, and D. B. Min (Eds), *Food lipids, chemistry, nutrition and biotechnology* (3rd ed.). Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group (chap.12)
- **Faucitano, L.** (2018). Preslaughter handling practices and their effects on animal welfare and pork quality. *Journal of Animal Science*, 96, 728-738
- **Frobose, H. L., Dritz, S. S., Tokach, M. D., Prusa, K. J., DeRouchey, J. M., Goodband, R. D., & Nelssen, J. L.** (2014). Effects of preslaughter feed withdrawal time on finishing pig carcass, body weight gain, and food safety characteristics in a commercial environment. *Journal of Animal Science*, 92, 3693-3700.
- **Gandemer, G.** (2002). Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Science*, 62, 309-321.
- **Gray, J. I., & Pearson, A. M.** (1984). Cured Meat Flavor. In C. O. Chichester, E. M. Mrak & B. S. Schweigert (Eds.), *Advances in Food Research* (Vol. 29, pp. 1-86): Academic Press.
- **Guàrdia, M. D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M. A., Gispert M., & Diestre, A.** (2009). Risk assessment of skin damage due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. *Meat Science*, 81, 745-751.
- **Herzberg, G. R., & Farrell, B.** (2003). Fasting-induced, selective loss of fatty acids from muscle triacylglycerols. *Nutrition Research*, 23, 205-213.
- **Jensen, C., Flensted-Jensen, M., Skibsted, L. H., & Bertelsen, G.** (1998). Warmed-over flavour in chill-stored pre-cooked pork patties in relation to dietary rapeseed oil and vitamin E supplementation. *European Food Research and Technology*, 207, 154-159.
- **Raclot, T., & Groscolas, R.** (1993). Differential mobilization of white adipose tissue fatty acids according to chain length, unsaturation, and positional isomerism. *Journal of Lipid Research*, 34, 1515-1526.
- **Raclot, T., & Groscolas, R.** (1995). Selective mobilization of adipose tissue fatty acids during energy depletion in the rat. *Journal of Lipid Research*, 36, 2164-2173.
- **Rey, A. I., Menoyo, D., Segura, J., López-Bote, C. J., & Calvo, L.** (2020). Combination of dietary glycaemic index and fasting time prior to slaughter as strategy to modify quality of pork. *Meat Science*, 161, 108013. doi: 10.1016/j.meatsci.2019.108013
- **Riediger, N. D., Othman, R. A., Suh, M., & Moghadasian, M. H.** (2009). A systematic review of the roles of n-3 fatty acids in health and disease. *Journal of the American Dietetic Association*, 109, 668-679
- **Warriss, P. D., & Brown S. N.** (1983). The influence of preslaughter fasting on carcass and liver yield in pigs. *Livestock Production Science*, 10, 273-282. e