

CA15215  
“Innovative approaches in pork  
production with entire males”

## Folleto: Producción de carne de cerdo con machos enteros

**Estado del arte:** La castración quirúrgica de lechones machos ha sido una práctica productiva tradicional durante muchos años en la mayoría de países, principalmente para prevenir el olor sexual de la carne de cerdo y eliminar el comportamiento característico de los machos. Debido a que la castración generalmente se realiza sin usar ningún tipo de producto para aliviar el dolor, esto se ha considerado un problema relevante de bienestar animal, que ha comportado críticas frecuentes. De acuerdo con la Directiva UE 2001/PE/EEC, la castración sin anestesia está permitida en lechones que tienen menos de una semana de vida. Para animales más grandes la castración quirúrgica la tiene que realizar un veterinario usando anestesia y analgesia prolongada adicional ([https://www.fve.org/cms/wp-content/uploads/fve\\_09\\_040\\_castration\\_pigs\\_2009.pdf](https://www.fve.org/cms/wp-content/uploads/fve_09_040_castration_pigs_2009.pdf)). Además, la cicatrización de heridas en lechones a los que se ha realizado la castración quirúrgica a 4 días de edad parece ser más rápida y con pocas complicaciones que en animales castrados entre 7 y 28 días de edad (Heinritzi et al., 2006). Durante la cirugía, los lechones machos se inmovilizan, se abre el escroto con un bisturí afilado, se extraen los testículos, se corta el cordón espermático con el bisturí, se aplica un antiséptico a la herida abierta y el lechón se retorna rápidamente a su corral. Según algunas fuentes, para realizar todo el proceso se tarda entre 1 y 2 minutos ([http://www.alcasde.eu/e-Learning/pig\\_castration/page\\_16.htm](http://www.alcasde.eu/e-Learning/pig_castration/page_16.htm)). La castración es un proceso doloroso, tanto por la sujeción del animal como por el propio procedimiento quirúrgico de cortar y/o rasgar el tejido (escroto y cordón espermático) que se conoce que induce dolor agudo y estrés (Prunier et al., 2006; von Borell et al., 2009). Después de la castración, los lechones disminuyen la conducta de amamantamiento por una mayor inactividad durante aproximadamente dos horas y, además, existe riesgo de infección de la herida quirúrgica ([http://www.alcasde.eu/e-Learning/pig\\_castration/page\\_16.htm](http://www.alcasde.eu/e-Learning/pig_castration/page_16.htm)). También hay evidencia de deterioramiento de la salud en cerdos machos castrados comparado con enteros, que comporta un incremento de la ratio de mortalidad durante el período de enfermería (6.3 vs 3.6%), especialmente si el peso al nacimiento es bajo (12.2 vs 6.2%) (Morales et al., 2017).

**Ventajas de la producción de carne de cerdo con machos enteros:** Omitir la castración y producir carne de cerdo de machos enteros tiene ventajas de bienestar (no hay dolor o estrés asociados a la castración), económicas (mejor conversión de los alimentos y sin necesidad del trabajo asociado a la castración) y medioambientales (los verracos tienen mejor retención de N que los animales castrados) (ver la revisión Kress et al., 2019, Pauly et al., 2012). Debido a un aumento de las concentraciones de andrógenos durante el desarrollo puberal, se incrementa el potencial de crecimiento dependiente de las hormonas sexuales, favoreciendo la producción de magro a expensas de grasa en la canal (Tabla 1). La ingestión voluntaria de alimento se reduce por acción de los esteroides gonadales y, como resultado, hay una mayor eficiencia alimentaria.

No obstante, en algunos genotipos, puede empeorar la ratio de crecimiento de los machos enteros cuando se comparan con los castrados (Claus & Weiler, 1994). En el informe final de la Comisión Europea sobre las buenas prácticas en la producción, el procesado y el máquetin de la carne de cerdos no castrados, el valor de esta mejor conversión del alimento se estimó en 7.11 € por cerdo.

**Tabla 1. Ventajas de los machos enteros comparados con los castrados quirúrgicamente en varias características:**

Parámetro	Enteros vs. Castrados	Literatura
Deposición de proteína (g/d)	+11 %	Quiniou et al., 2010
Alimentación/ganacia (kg/kg)	-10 %	
Media de consumo diario (kg/d)	-11 %	
Grasa subcutánea (%)	-16 %	Pauly et al., 2009
Excreción de N (kg/animal)	-20 %	Dämmgen et al., 2013

**Desventajas de la producción de carne de cerdo de machos enteros:** El mayor problema es el riesgo del olor sexual. El olor sexual es un olor y un gusto ofensivo que se puede encontrar en la carne de cerdos machos enteros. La androstenona y el escatol son los dos compuestos principales que se conocen como responsables del olor sexual. La androstenona es un esteroide testicular que tiene olor a orina. Tiene importancia biológica como feromona masculina y es un precursor de la feromona activa androstenol. La androstenona se forma paralelamente a la síntesis de los esteroides anabólicos testiculares a las células de Leydig y se distribuye vía la corriente sanguínea a las glándulas salivales donde se acumula debido a una proteína ligante específica (feromaxeína). El escatol es un producto de la degradación microbiológica del triptófano en la parte posterior del intestino y tiene un olor fecal. Se forma en machos y hembras, pero se encuentra en mayores concentraciones en el tejido adiposo de machos enteros.

Una excesiva concentración de escatol en el tejido adiposo puede ser debida a un incremento de su biosíntesis, una reducción de su catabolismo en el hígado o a ambas cosas. Una ratio reducida de la degradación hepática del escatol puede estar causada por una expresión reducida y/o actividad de los enzimas metabolizadores del escatol que están regulados por la androstenona, testosterona o 17-β-estradiol (Doran et al., 2002, Zamaratskaia et al., 2007; Wierciska et al., 2012; Kojima and Degawa, 2013). También se conoce que la genética, la dieta y factores medioambientales o de manejo influyen en los niveles de los compuestos del olor sexual.

Tanto la androstenona como el escatol tienen propiedades lipolíticas y, por tanto, se pueden acumular en el tejido adiposo en machos en crecimiento en torno a las edades/pesos al sacrificio más comunes debido al desarrollo puberal progresivo. La insatisfacción de los consumidores aumenta gradualmente con altas concentraciones de uno o de los dos compuestos y depende de la agudeza olfativa (Font-i-Furnols, 2012; Mörlein et al., 2019). Una peculiaridad sobre la androstenona es que una tercera parte de los consumidores son anósmicos (incapacidad para percibir el olor), y una proporción similar de consumidores es altamente sensible y rechaza la carne de cerdo que tenga incluso niveles de androstenona bajos (<0.5 ppm). Esta alta variabilidad en la percepción no se ha documentado para el escatol. Las canales que tienen escatol con niveles superiores a 0,25 ppm son rechazadas por la mayoría de los consumidores (Font i Furnols, 2012; Lunde et al., 2012).

Es importante apuntar que hay otros aspectos relativos a la producción de machos enteros que están asociados a la calidad de la carne y de la grasa. Los aspectos de calidad afectan negativamente tanto a la carne que se consume fresca o (aún más remarcable) reduce las aptitudes para el procesado de esta carne (Bonneau et al., 2018; Čandek-Potokar et al., 2015), especialmente en el caso de productos curados. En relación a las medidas de fuerza de cizalla, se ha confirmado mediante meta-análisis que los machos enteros tienen la carne más dura que la de los animales de otros sexos (Pauly et al., 2012; Batorek et al., 2012). La dureza se puede relacionar con factores como el menor contenido en grasa intramuscular, menor capacidad de retención de agua y aumento de la oxidación proteica (Škrlep et al., 2019). En cuanto a los productos cárnicos, la reducción en el contenido adiposo de los machos enteros está asociada a una desecación excesiva (Škrlep et al., 2016). La grasa de machos enteros es más poliinsaturada (Pauly et al., 2012), produciendo una textura más blanda y más fácilmente separable de los otros tejidos, especialmente en individuos muy magros, disminuyendo la calidad de los cortes y dificultado el envasado. Además, la grasa de los machos enteros se enrancia más rápidamente (Babol & Squires, 1995). En productos elaborados con carne picada como embutidos curados-fermentados, la grasa insaturada puede causar problemas adicionales relacionados con un correcto secado, textura y superficie aceitosa.

**Métodos para detectar el olor sexual e incidencia del olor sexual en canales de machos enteros:** Hay principalmente dos métodos para determinar la presencia de olor sexual en la grasa de canales porcinos. El primero es el análisis químico de las concentraciones de androstenona y escatol. Si se usa esta aproximación, el punto crítico son los umbrales de aceptación, ya que la incidencia de canales con olor sexual puede ser alta y exceder el 40% si se usa un umbral bajo, como se sugirió en los años 90 y se usó en aquel momento en algunos países europeos (Walstra et al., 1999). Ya que hay disponibilidad de nuevos métodos de medida del olor sexual en la línea de sacrificio, se tienen que evaluar de manera crítica nuevos umbrales. El segundo método usado para la detección del olor sexual es la puntuación con la Nariz Humana (Human Nose) en la línea de sacrificio por parte de panelistas entrenados. En el caso de la Nariz Humana, la incidencia de canales con olor sexual normalmente no excede el 5% de promedio (Mathur et al., 2012). Tal como se ha comentado anteriormente, la insatisfacción del consumidor depende de las concentraciones de los compuestos y de la agudez olfactiva, y, por tanto, los límites de clasificación dependen de la magnitud de la insatisfacción que se acepta (Mörlein et al., 2019). Aún que haya una gran variación en la respuesta del consumidor, el riesgo de desagrado esperado y el número de canales descartadas se puede estimar en función de los límites de clasificación. Para que la industria defina límites de clasificación apropiados, hace falta que el riesgo de consumidores insatisfechos se balancee con la proporción de canales de machos enteros descartadas (Christensen et al., 2019). La alta variabilidad en la presencia de olor sexual se puede explicar, al menos en parte, por los factores que se discuten a continuación. Durante el período de engorde incluso pueden darse algunos problemas de bienestar animal (Rydmer et al., 2012; Weiler et al., 2016; Reiter et al., 2017). Gestaciones no deseadas se pueden observar en grupos mixtos, especialmente si los animales llegan al peso final a una edad avanzada como, por ejemplo, en condiciones de producción ecológica. Los machos enteros son más activos y más agresivos, cosa que puede causar problemas de bienestar debido a luchas, especialmente si el grupo y el rango social no es estable durante todo el periodo de crecimiento y finalización. Un incremento en el comportamiento sexual durante el período de engorde conduce a un incremento del riesgo de problemas de las extremidades debido a las montas (montar y ser montado). Además, se ha documentado un mayor número de heridas del pene, que pueden ser severas en un 10% de los machos enteros y se ha de considerar como un problema de bienestar.

**Alternativas de manejo para reducir los problemas de producción de carne de cerdo con machos enteros:** Hay varias estrategias para reducir la incidencia del olor sexual y los problemas asociados. En algunos países, los machos enteros se sacrifican a un menor peso. Ya que los niveles de androstenona y escatol son heredables, es prometedor el uso, en programas de genética, de razas o genotipos con menor nivel de olor sexual a pesos habituales de sacrificio. Aunque no está claro qué genes específicos son los responsables del olor sexual, eliminar la necesidad de castración vía selección genética y genómica puede ser una solución a largo plazo. Ahora bien, la interacción de todos los factores se tiene que entender antes de introducir cambios en la selección genética (Larzul et al., 2018; Schiavo et al., 2018; van Son et al., 2018). Una alternativa potencial es el uso de la alimentación que reduzca el escatol. Ahora bien, esto no soluciona el problema de la androstenona ya que este compuesto es menos susceptible a manipulación con la dieta (Engesser, 2015; Zamaratskaia and Rasmussen, 2018; y ver la lista de ingredientes del pienso con capacidades para reducir el olor sexual <http://www.ca-ipema.eu/paparas>). Junto con las estrategias de manejo que reducen el estrés durante el engorde, transporte y sacrificio (Wesoly et al., 2015), la incidencia de canales con olor sexual se puede reducir considerablemente.

### Referencias:

- Babol, J., Squires, J. Quality of meat from entire male pigs. *Food Research International*, **1995**, *28*, 201-212.
- Batorek, N., Čandek-Potokar, M., Bonneau, M., Van Milgen, J. Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar taint compounds in pigs. *Animal*, **2012**, *6*, 1330-1338
- Bonneau, M.; Čandek-Potokar, M.; Škrlep, M.; Font-i-Furnols, M.; Aluwé, M.; Fontanesi, L. Potential sensitivity of pork production situations aiming at high-quality products to the use of entire male pigs as an alternative to surgical castrates. *Animal* **2018**, *12*, 1287-1295, doi: 10.1017/S1751731117003044
- Čandek-Potokar M, Škrlep M, Batorek Lukač N. Raising entire males or immunocastrates – outlook on meat quality. *Procedia Food Science* **2015**, *5*, 30-33
- Christensen RH, Nielsen DB, Aaslyng MD (2019) Estimating the risk of dislike: An industry tool for setting sorting limits for boar taint compounds. *Food Quality and preference* **71**(2019): 209-2016.
- Claus, R., Weiler, U. 1994 Endocrine regulation of growth and metabolism in the pig: a review. *Livestock production science*, 1994, *37*(3) 245-260
- Dämmgen, U., Berk, A., Otten, C., Brade, W., Hutchings, N. J., Haenel, H.-D., Rösemann, C., Dänicke, S., Schwerin, M. Anticipated changes in the emissions of green-house gases and ammonia from pork production due to shifts from fattening of barrows towards fattening of boar Landbauforsch- Appl Agric Forestry Res · **1** **2013** (63)47-6 DOI:10.3220/LBF\_2013\_47-60
- Doran, E.; Whittington, F.W.; Wood, J.D.; McGivan, J.D. Cytochrome P45011E1 (CYP2E1) is induced by skatole and this induction is blocked by androstenone in isolated pig hepatocytes. *Chem. Biol. Interact.* **2002**, *140*, 81-92, doi: 10.1016/S0009-2797(02)00015-7
- Engesser, D.J. Alternatives for boar taint reduction and elimination besides surgical castration and destroying testicular tissue. **2015** Inaugural-Dissertation to obtain the degree of a Doctor medicinae veterinariae (Dr. med. vet. ) from the Faculty of Veterinary Medicine University of Leipzig Germany <http://ul.qucosa.de/api/qucosa%3A13364/attachment/ATT-0/>
- Font-i-Furnols, M. Consumer studies on sensory acceptability of boar taint: a review. *Meat Sci.* **2012**, *92*, 319-329. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.05.009.
- Heinritzi, K., Ritzmann, M., Otten, W. Alternatives for castration of suckling piglets, determination of catecholamines and woundhealing after castration of suckling piglets at different points of time (Alternativen zur Kastration von Saugferkeln, Bestimmung von Katecholaminen sowie Wundheilung nach Kastration von Saugferkeln zu unterschiedlichen Zeitpunkten). *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* **2006**, *113*, 94-97
- Kojima, M.; Degawa, M. Serum androgen level is determined by autosomal dominant inheritance and regulates sex-related CYP genes in pigs. *Biochem. Biophys. Res. Co.* **2013**, *430*, 833-838, doi.org/10.1016/j.bbrc.2012.11.060
- Larzul, C.; Fontanesi, L.; Tholen, E.; van Son, M. Genetic approaches for rearing entire males. *Adv. Anim. Biosci.* **2018**, *Volume 9, Special Issue s1*, s01.
- Lunde, K.; Egelanddal, B.; Skuterud, E.; Mainland, J.D.; Lea, T.; Hersleth, M.; Matsunami, H. Genetic Variation of an Odorant Receptor OR7D4 and Sensory Perception of Cooked Meat Containing Androstenone. *PLOS ONE* **2012**, *7*, e35259, doi: 10.1371/journal.pone.0035259
- Mathur, P.K.; ten Napel, J.; Bloemhof, S.; Heres, L.; Knol, E.F.; Mulder, H.A. A human nose scoring system for boar taint and its relationship with androstenone and skatole. *Meat Sci.* **2012**, *91*, 414-422, doi: 10.1016/j.meatsci.2012.02.025
- Morales, J., Dereu, A., Manso, A., de Frutos, L., Piñeiro, C., Manzaniella, E.G. and Wuyts, N. 2017 Surgical castration with pain relief affects the health and productive performance of pigs in the suckling period. *Porcine Health Management* **2017** *3*:18 <https://doi.org/10.1186/s40813-017-0066-1>
- Mörlein D, Aluwé M, Backus G, Bonneau M, Brockhoff P, Chevillon P, Christensen R, Font-i-Furnols M, Gertheiss J, Meier-Dinkel L, Mörlein J, Oertel E, Oliver MA, Tuytens F, van den Broeke A, Aaslyng M (2019) Drivers of (dis)liking: Systematic pairwise preference tests to reveal the relationship between boar taint and consumer acceptance Poster presented at ICOMST 2019.
- Pauly, K., Luginbühl, W., Ampuero, S., Beem G. Expected effects on carcass and pork quality when surgical castration is omitted. *Meat Sci* **2012**;92:858-62.

Pauly, C., Spring, P., O'Doherty, J., Ampuero Kragten, S., & Bee, G. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac®) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. *Animal*, **2009**, 3(7), 1057-1066. doi:10.1017/S1751731109004418

Pauly, C.; Luginbühl, W.; Ampuero, S.; Bee, G. Expected effects on carcass and pork quality when surgical castration is omitted – Results of a meta-analysis study. *Meat Sci.* **2012**, 92, 858–862, doi: 10.1016/j.meatsci.2012.06.007.

Prunier, A.; Bonneau, M.; von Borell, E.H.; Cinotti, S.; Gunn, M.; Fredriksen, B.; Giersing, M.; Morton, D.B.; Tuytens, F.A.M.; Velarde, A. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and evaluation of non-surgical methods. *Anim. Welfare* **2006**, 15, 277–289.

Quiniou, N, Courboulay, V, Salaün, Y, Chevillon, P 2010. Impact of the non castration of male pigs on growth performance and behaviour – comparison with barrows and gilts. Conference at the 61st Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Heraklion, Crete Island, Greece, papara 8; 7pp.

Reiter, S.; Zöls, S.; Ritzmann, M.; Stefanski, V.; Weiler, U. Penile Injuries in Immunocastrated and Entire Male Pigs of One Fattening Farm. *Animals* **2017**, 7, doi: 10.3390/ani7090071.

Rydhmer, L.; Zamaratskaia, G.; Andersson, H.K.; Algers, B.; Guillemet, R.; Lundström, K. Aggressive and sexual behaviour of growing and finishing pigs reared in groups, without castration. *Acta Agr. Scand. A-An* **2006**, 56, 109–119, doi: 10.1080/09064700601079527

Schiavo, G.; Bovo, S.; Cheloni, S.; Ribani, A.; Geraci, C.; Gallo, M.; Etherington, G.; Palma, F.D.; Fontanesi, L. Mining whole genome resequencing data to identify functional mutations in boar taint-candidate genes. *Adv. Anim. Biosci.* 2018, Volume 9, Special Issue s1, s04

Škrlep, M., Čandek-Potokar, M., Batorek Lukač, N., Prevolnik Povše, M., Pugliese, C., Labussière, E., Flores, M. Comparison of entire male and immunocastrated pigs for dry-cured ham production under two salting regimes. *Meat Science*, 2016, 111, 27-37.

Škrlep, M., Tomažin, U., Batorek Lukač, N., Poklukar, K., Čandek-Potokar, M. Proteomic profile of longissimus dorsi muscle of entire male and castrated pigs as related to meat quality. *Animals*, 2019, 9, 1-14.

van Son, M.; Agarwal, R.; Grindfle, E.; Grove, H.; Kent, M.P.; Lien, S. Fine mapping of QTL regions for boar taint using whole genome re-sequencing data. *Adv. Anim. Biosci.* **2018**, Volume 9, Special Issue s1, s06

von Borell, E., Baumgartner J., Giersing, N., J ggin, M. Prunier, A., Tuytens, F., Edwards S.A. 2009 Animal welfare implications of surgical castration and its alternatives in pigs. *animal* 3(11):1488-96. DOI: 10.1017/S1751731109004728

Walstra, P.; Claudi-Magnussen, C.; Chevillon, P.; von Seth, G.; Diestre, A.; Matthews, K.R.; Homer, D.B.; Bonneau, M. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: levels of androstenone and skatole by country and season. *Livest. Prod. Sci.* **1999**, 62, 15-28, doi: 10.1016/S0301-6226(99)00054-8

Weiler, U.; Isernhagen, M.; Stefanski, V.; Ritzmann, M.; Kress, K.; Hein, C.; Zöls, S. Penile Injuries in Wild and Domestic Pigs. *Animals* **2016**, 6, 25, doi: 10.3390/ani6040025

Wesoly, R.; Jungbluth, I.; Stefanski, V.; Weiler, U. Pre-slaughter conditions influence skatole and androstenone in adipose tissue of boars. *Meat Sci.* **2015**, 99, 60-7. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.08.015.

Wesoly, R.; Weiler, U. Nutritional Influences on Skatole Formation and Skatole Metabolism in the Pig. *Animals* **2012**, 2, 221–242, doi: 10.3390/ani2020221

Wiercinska, P.; Lou, Y.; Squires, E. J. The roles of different porcine cytochrome P450 enzymes and cytochrome b5A in skatole metabolism. *Animal* **2012**, 6, 834-845, doi: 10.1017/S1751731111002175.

Zamaratskaia, G.; Gilmore, W.J.; Lundström, K.; Squires, E.J. Effect of testicular steroids on catalytic activities of cytochrome P450 enzymes in porcine liver microsomes. *Food Chem. Toxicol.* **2007**, 45, 676-681, doi: 10.1016/j.fct.2006.10.023

Zamaratskaia, G.; Rasmussen, M.K. Is it possible to reduce androstenone by dietary means? *Adv. Anim. Biosci.* **2018**, Volume 9, Special Issue s1, s22

**Este folleto se publicó en Agosto de 2019 por el Core Group de la Cost Action IPEMA (Marijke Aluwe, Ge Backus, Giuseppe Bee, Michel Bonneau, Eberhard von Borell, Meta Candek-Potokar, Olena Doran, Maria Font-i-Furnols, Catherine Larzul, Martin Skrlep, Igor Tomasevic, Liliana Tudoreanu, Mandes Verhaagh, Ulrike Weiler). Traducciones a las lenguas nacionales de los diferentes países que participan en la COST action IPEMA vendrán a continuación.**