PARTE IV

LA PROBLEMATICA DE LOS «MACHOS ENTEROS» EN EL JAMON CURADO

J. ARNAU, J. A. GARCIA-REGUEIRO, I. DIAZ, M. HORTOS, A. DIESTRE y J. M. MONFORT

1 Introducción

En la fabricación de jamones curados, se presentan con frecuencia olores inespecíficos al calar o deshuesar los jamones, que se atribuyen en ocasiones a la no castración de los cerdos.

Con frecuencia ocurre que el industrial no es capaz de detectar el olor sexual, o bien lo confunde con otros olores.

Dada la inexistencia de estudios sobre este tema en España, el Instituto Catalán de la Carne ha realizado dos trabajos en los que se ha analizado:

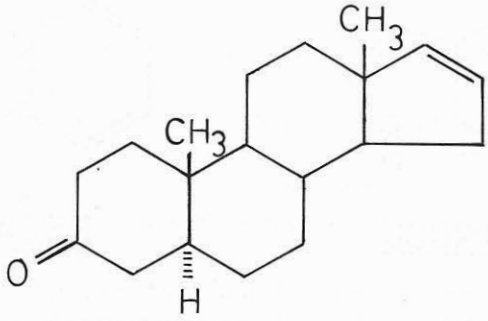
a) La incidencia del olor sexual en canales porcinas de machos sin castrar según panel de olfacción y su relación con la androstenona.

b) Influencia del olor sexual en la calidad organoléptica del jamón curado.

También se ha iniciado un estudio de consumidores, en el que se pretende comparar la respuesta de la población a la carne, jamón cocido, jamón curado y bacon, tanto de machos enteros como castrados.

El olor sexual, también conocido como olor a verraco, se detecta básicamente en las piezas más grasas del cerdo y recuerda en cierto modo al olor a orina. En ocasiones va acompañado de un gusto desagradable.

Patterson en 1968 identificó al esteroide 5-α-androsten-16- en-3-ona (androstenona) como principal responsable del olor sexual.



La androstenona se sintetiza principalmente en los testículos, pasando enseguida por las venas espermáticas a la circulación general. A pesar de que los testículos son la fuente principal de excreción de hormonas sexuales y olor de los tejidos de cerdo, también las glándulas adrenales contribuyen en parte, y por tanto, dado que la castración no elimina las glándulas adrenales, no se excluye totalmente la posibilidad de presentar olor sexual.

El tiempo medio de circulación de la androstenona es superior a un minuto, pudiendo almacenarse en el tejido adiposo, glándulas salivares, o bien, eliminarse por la orina. En la grasa, su vida media es menor de 24 horas, pero como una vez liberada puede ser recaptada, la vida media aparente es de varios días. Por tanto es falsa la idea de que la castración antes del sacrificio elimina el olor sexual.

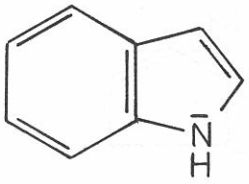
El contenido de androstenona en la grasa depende del equilibrio entre la intensidad de producción testicular y del catabolismo (Bonneau 1984). Es decir, el almacenamiento en la grasa de la androstenona sintetizada en los testículos es un proceso rápido. Por otro lado, la desaparición de la androstenona es un proceso lento dependiendo de la intensidad de catabolismo de los esteroides (variable entre individuos). Claus y Hofmann (1980), encontraron que los niveles de androstenona se mantienen muy bajos en los cerdos prepúberes. Después de 200 días de edad, la concentración de androstenona en el plasma, así como la testosterona, aumentan bruscamente aunque la androstenona presenta un leve incremento antes de la edad señalada.

Ambos esteroides bajan sus concentraciones en el plasma después de los 250 días. Sin embargo, las tasas de aumento de los niveles de androstenona presentan gran variabilidad entre los individuos, presentando coeficientes de variación de un 50 al 100 %. En general los niveles de androstenona en grasa aumentan con el peso y la edad, aunque es difícil saber cual de estos criterios es más importante en la síntesis y almacenamiento de la hormona.

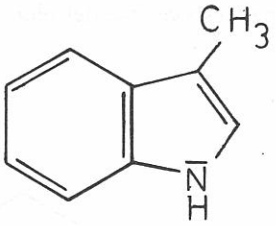
Según Willike (1980), la madurez es el criterio más determinante de la concentración de androstenona. Puesto que la madurez es un carácter determinado por el genotipo de los animales, algunos autores han buscado diferencias en la concentración de androstenona entre razas.

La estimulación sexual de los machos enteros produce aumentos en la concentración de androstenona en la grasa y en el plasma. Este incremento puede suceder al criar machos mezclados con hembras o simplemente por peleas entre machos. También la jerarquía social dentro de cada corral afecta a la mayor o menor concentración de esta hormona.

Otra familia de compuestos cuya relación con el olor sexual se ha investigado es la del indol-escatol.



INDOL



ESCATOL

Hanson (1980) señala que el escatol no es específico de la grasa de cerdos enteros, ya que éste se encuentra en cerdos machos, hembras y castrados. Sin embargo, señala una probable acción sinérgica con la androstenona.

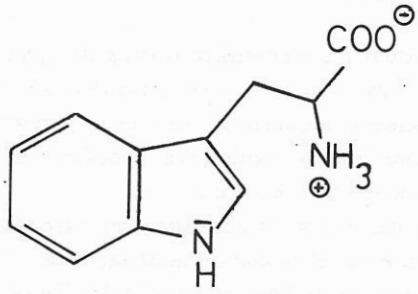
Mortensen y Sorensen (1984) desarrollaron un método sencillo para detectar escatol. Según sus resultados ninguna hembra presentó niveles altos de escatol, pero estos autores han utilizado como controles sólo canales de hembras y no de machos castrados.

El coeficiente de correlación entre presencia de olor y nivel de escatol hallado fue de 0,73.

Estos investigadores afirman que la androstenona es buen predictor del olor sexual, aunque quizás el escatol sería más seguro y mejor.

Según Hansson (1980) el escatol es un producto de degradación del triptófano por las bacterias intestinales y su concentración en la grasa y carne depende mucho más de factores del medio (alimentación, estado sanitario), que de los factores ligados al animal (tipo sexual y tipo genético).

TRIPTOFANO



Se ha demostrado que el contenido de fibra en la dieta influye en la cantidad de flora beneficiosa, que puede afectar la cantidad de escatol producido. Una mayor cantidad de fibra en la dieta, estimulará los procesos fermentativos del ciego.

El mayor nivel de escatol en machos enteros que en hembras, puede indicar una interacción entre el nivel de andrógeno y el metabolismo del escatol. Para Mortensen y Sorensen (1984) la androstenona es un buen predictor de olor sexual en grasa dorsal. Puesto que la androstenona es soluble en grasa pero no soluble en agua, esta sustancia no determina totalmente el gusto amargo en carne de machos enteros ($R^2 = 11,3$ y 8,3%). El escatol es soluble en agua y grasa y sería un mejor determinante del aroma total y gusto amargo de la carne.

Reacción de los consumidores a la carne de machos enteros

Es un hecho conocido que si se usan machos enteros en lugar de castrados, en carne de cerdo, los costos de producción disminuyen y aumenta la proporción de magro de la canal.

El principal argumento que justifica la castración es el olor desagradable que se detecta en la grasa de machos enteros.

Las pruebas organolépticas con paneles, muestran que el olor sexual tiene lugar solamente en una proporción limitada de canales de machos enteros y varias cualidades son muy similares para machos enteros y machos castrados.

Generalmente, las mujeres son más sensibles al olor que los hombres, aunque se han notado amplias variaciones entre sexos.

La mayoría de los experimentos realizados comprenden un gran número de hogares seleccionados al azar y que representan varios grupos y categorías sociales en la población. La proporción de consumidores que juzgan el olor desagradable o menos agradable que el normal varía del 0 al 10% para controles y de 0 a 35% para machos enteros.

En productos curados esta proporción oscila del 2 al 10% para controles y del 6% al 32% para machos enteros.

En cerdos franceses, se han hallado reacciones de los consumidores aún con niveles

de androstenona inferiores a 0,5 μg/gr, lo cual implica que otras sustancias pueden contribuir al olor sexual.

La aceptabilidad de productos cárnicos procesados, parece depender de si los productos se comen fríos o calientes. En productos picados la carne de machos enteros puede mezclarse con la de hembras, para que así el olor sexual quede diluido, otra forma de enmascararlo es ahumar los productos o adicionarles especias.

Willian (1963) y Pearson (1971) concluyen que la carne de machos enteros con olor sexual fuerte puede utilizarse efectivamente en jamón ahumado y salami, que se comen fríos.

Los beneficios económicos que se obtienen de cerdos enteros dependen de la proporción de canales con olor y si éstas pueden utilizarse eficazmente. El mejor uso podría ser probablemente seleccionar las canales con olor más fuerte (1-2%) para productos triturados, las que huelen débilmente o medianamente para productos no triturados como el jamón cocido, jamón, bacon...

La concentración de androstenona disminuye con la cocción, estando el valor correlacionado con el nivel inicial de androstenona.

El grupo de trabajo sobre «La Utilización y Producción de Carne de Cerdos no Castrados de la Federación Europea de Zootecnia» en su informe de la reunión del año 1981, señala que no presenta riesgo la venta de carne fresca con menos de 0,5 ppm, de hormona (5-α-Androstenona) mientras que los niveles superiores a 1 ppm presentan un grave riesgo a una respuesta negativa de los consumidores.

2 Incidencia de olor sexual en canales porcinas de machos sin castar según panel de olfacción y su relación con la androstenona.

2.1 Introducción

En la especie porcina, la presencia de un olor desagradable en algunas canales de machos enteros, conocido como olor sexual, ha limitado su producción en la mayoría de países. Por ejemplo, el intercambio comercial de este tipo de canales no está permitido entre países de la CEE, hasta que el problema del olor sexual, pueda ser detectado en la línea de sacrificio. Sin embargo en España, no existe una legislación clara al respecto, y por presión del sector productor se ha generalizado la producción de carne de cerdos enteros.

En este trabajo se presentan los resultados de los estudios llevados a cabo en nuestro Instituto, como respuesta a la inquietud de algunos sectores de la industria cárnica, con el propósito de medir la incidencia de canales de machos enteros con problemas de olor sexual. Para ello se utilizó un panel de olfacción formado por especialistas. A su vez se estudió la relación del olor sexual con la concentración de androstenona en la grasa.

De un total de 519 canales de cerdos machos no castrados procedentes de 5 mataderos comerciales, se recolectaron muestras de grasa subcutánea a nivel de la última costilla. El muestreo se realizó al azar inmediatamente después del sacrificio. El peso medio de la canal fue de 76,5 ± 10,4 Kg. Las muestras fueron conservadas a −20 °C, en bolsas de polietileno, selladas en espera de su evaluación sensorial. Esta fue llevada a cabo según el método de Jarmoluk et al. (1970) que consiste en calentar cada muestra de grasa con la punta de un soldador eléctrico manteniendo la temperatura constante. El humo desprendido fue evaluado por cada miembro de un panel de olfacción. Este fue

seleccionado a partir de 15 personas inicialmente predispuestas. Sólo cuatro de ellas fueron capaces de distinguir las diferencias en la intensidad del esteroide responsable del olor sexual (0; 0,5; 1,0; 3,0 µg 5-α-androstenona/ml. éter).

Cada muestra fue evaluada usando una escala de seis puntos (1 = ausente 2 = dudoso, 3 = leve; 4 = presente; 5 = fuerte; 6 = muy fuerte). Todas las muestras fueron sometidas a olfacción 3 veces por cada uno de los cuatro miembros del panel. Dado que no existió una clara diferencia en el juicio entre las notas 2 y 3, éstas fueron agrupadas como una sola nota (2 = leve) quedando una escala de cinco puntos.

En 48 muestras de grasa de las evaluadas por el panel, se determinó la concentración de androstenona por medio del método inmunoenzimático ELISA (Strom, 1984; Walstra y Mateman, 1982).

El método está basado en la competición entre androstenona conjugada (con un enzima) y no conjugada, cuando se ponen en contacto con un anticuerpo específico. La actividad enzimática se mide fotométricamente. El material para desarrollar esta técnica nos fue proporcionado por el laboratorio Intervet Internacional (Holanda).

Realizada la evaluación de todas las muestras, se calculó la nota de olor de cada una de ellas a partir de las 12 clasificaciones realizadas por los panelistas, usando la moda de todos los juicios. Se realizó una prueba de Xi-cuadrado para estudiar la dependencia o independencia de las notas de olor según mataderos. Cuando se estudió el olor sexual en las 48 muestras en que se obtuvo la concentración de androstenona, el cálculo de la nota de olor sexual se realizó utilizando el valor medio de todas las olfacciones. Así, se pudo llevar a cabo un análisis de regresión siendo la nota de olor la variable dependiente, y la concentración de androstenona, y el peso de canal, las variables independientes.

2.2 Resultados y discusión

En la figura 35 se presenta la distribución de las muestras estudiadas según las notas de olor sexual realizadas por el panel. Se observa que el 78,8 % de las 519 muestras evaluadas no presentaron olor sexual, el 15,8 % presentaron leve olor sexual, el 4,6 % fue juzgado presente y sólo en el 0,8 % el olor sexual fue fuerte. En ninguna de las muestras evaluadas se juzgó muy fuerte el olor sexual. Según Walstra (1974), la incidencia de canales de machos enteros con fuerte olor sexual es baja, ya que de 2.206 canales sólo el 1 % presentaron un fuerte olor sexual, cerca del 6 % leve olor sexual y el 93 % estuvieron libres de olor sexual. Malmfors y Hansson (1974) encontraron que el 20 % de las canales de una muestra de 500 cerdos Landrace y Yorkshire presentaron problemas de olor sexual. En general se observa que la incidencia de canales de machos enteros con problemas de olor sexual es baja.

En la tabla LVI, se presenta la tabulación cruzada entre las variables mataderos y nota de olor sexual. A fin de obtener información sobre la dependencia o independencia de dichas variables se realizó una prueba de Xi-cuadrado. El valor de esta prueba fue de 88,39 ($p<0,001$), por tanto la hipótesis nula de independencia entre las dos variables fue rechazada, existiendo pues una dependencia entre la nota de olor sexual y el matadero. Sin embargo, la prueba de Xi-cuadrado no ofrece información acerca del tipo o grado de asociación entre las dos variables estudiadas. Tal como hemos señalado, la presencia de olor sexual depende del contenido de androstenona y escatol en la grasa de cerdos enteros. Los aspectos biológicos que determinan una mayor concentración de escatol en canales de machos sin castrar comparados con hembras (Lundstrom y col., 1984) son prácticamente desconocidos. Al parecer, la dieta es uno de los factores más

determinantes. Mortensen (1984), al analizar en 13.000 canales de machos enteros la concentración de escatol, encontró que éstos diferían según el productor del cual provenían las canales. Por tanto podría explicarse la dependencia entre la nota de olor y el matadero, si los mataderos que nosotros estudiamos reciben animales de orígenes distintos y alimentados bajo diferentes sistemas.

En la tabla LVII se presentan los coeficientes de correlación entre la nota del olor sexual, la concentración de androstenona y el peso de la canal. Solamente, la nota de olor sexual estuvo positivamente correlacionada con la concentración de androstenona.

Bonneau (1982), al revisar la literatura, encontró en catorce citas que el coeficiente de correlación entre el olor sexual y la concentración de androstenona es de 0,4 a 0,7.

Según nuestros resultados, la concentración de androstenona no estuvo correlacionada con el peso de la canal. Walstra y col. (1984) encontraron que la concentración de androstenona en grasa aumenta con el peso de la canal, sin embargo el 10 % de 2.544 canales por ellos estudiadas presentaron altos niveles de androstenona (1,0 µg/g) siendo sus pesos inferiores a 65 kg Claus y Hoffmann (1980) señalaron que los niveles de androstenona se mantienen bajos en los cerdos pre-púberes produciéndose un fuerte aumento de la concentración de la hormona en el plasma a partir de los 200 días de edad. No obstante, el coeficiente de variación de la concentración de androstenona fluctua entre un 50 y un 100 %, existiendo pues gran variabilidad individual.

Por otra parte, Malmforms y Hansson (1974), encontraron mayor contenido de androstenona en cerdos de la raza Landrace respecto a los cerdos Large White y Yorkshire. A su vez, Bonneau y col. (1979) encontraron niveles más elevados de la hormona en cerdos de la raza Pietrain respecto a cerdos Landrace Belga. Teniendo en cuenta la gran variación individual y la diferencia entre razas, es muy difícil encontrar una asociación positiva entre el peso de la canal y la concentración de androstenona en canales comerciales.

En la tabla LVIII, se presentan los coeficientes de determinación ajustados (%), valores F y niveles de significación de las regresiones donde la nota de olor sexual fue la variable dependiente y la concentración de androstenona, el peso de canal y el matadero las variables independientes. La mayor exactitud en la predicción del olor sexual se alcanzó cuando la concentración de androstenona fue la única variable independiente incluida en el modelo.

Al añadir el peso de la canal y el matadero, el valor predictivo de la ecuación disminuyó levemente. Según estos resultados, aproximadamente a partir de 0,5 µg de androstenona por gramo de grasa, el panel seleccionado comenzó a determinar la presencia de olor sexual en las muestras. Desmoulin y col. (1982) encontraron que un panel de consumidores detectaba problemas de olor sexual en carne fresca a partir del nivel de androstenona antes mencionado. Sería interesante pues, conocer si nuestros resultados del panel de olfacción tienen relación con la respuesta de los consumidores de nuestro mercado. Wood y col. (1985) y Kempster y col. (1985) al analizar problemas relativos a la calidad de la grasa en canales porcinas según análisis de laboratorio, paneles de especialistas, carniceros y consumidores, comprobaron que las respuestas coincidían. Del presente estudio podemos concluir que aunque la incidencia de canales de machos enteros con olor sexual es baja (4,6 % presente y 0,8 % fuerte olor sexual), es necesario realizar una prueba de consumidores para medir el riesgo, que significa la producción de carne de cerdo bajo este sistema. Se debe tener presente que la concentración de androstenona determinó el 24,1 % de la

variación del olor sexual y que conjuntamente con este esteriode se debe estudiar el compuesto escatol que tiene una acción sinérgica en la presentación del problema.

TABLA LVI: *Tabulación cruzada entre notas de olor sexual y mataderos*

	Notas de olor sexual									
Mataderos	Ausente		Leve		Presente		Fuerte		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1	79	15,2	4	0,8	–	–	–	–	83	16,0
2	104	20,0	3	0,6	–	–	–	–	107	20,7
3	80	15,4	10	1,9	7	1,3	2	0,4	99	19,1
4	66	12,7	43	8,3	12	2,3	1	0,2	122	23,5
5	80	15,4	22	4,2	5	1,0	1	0,2	108	20,8
TOTAL	409	78,8	82	15,4	24	4,6	4	0,8	519	100

TABLA LVII: *Correlaciones entre las notas de olor sexual (1), concentración de androstenona (2) y el peso de canal (3)*

	1	2
1	–	–
2	0,51***	–
3	0,18 NS	0,13 NS

*** $p < 0,01$

TABLA LVIII:

Coeficientes de determinación ajustados (R^2), valores F y nivel de significación de las regresiones siendo la nota del olor sexual la variable dependiente (OL) y la concentración de androstenona (AND), peso de canal (PC) y matadero (MT) las variables independientes

Variable dependiente	Variables independientes	R^2 (%) ajustado	Valor F	Significación
OL	AND	24,1	15,91	***
OL	AND, PC	23,8	8,34	***
OL	AND, PC, MT	22,1	5,44	**

** $p < 0,005$; *** $p < 0,001$

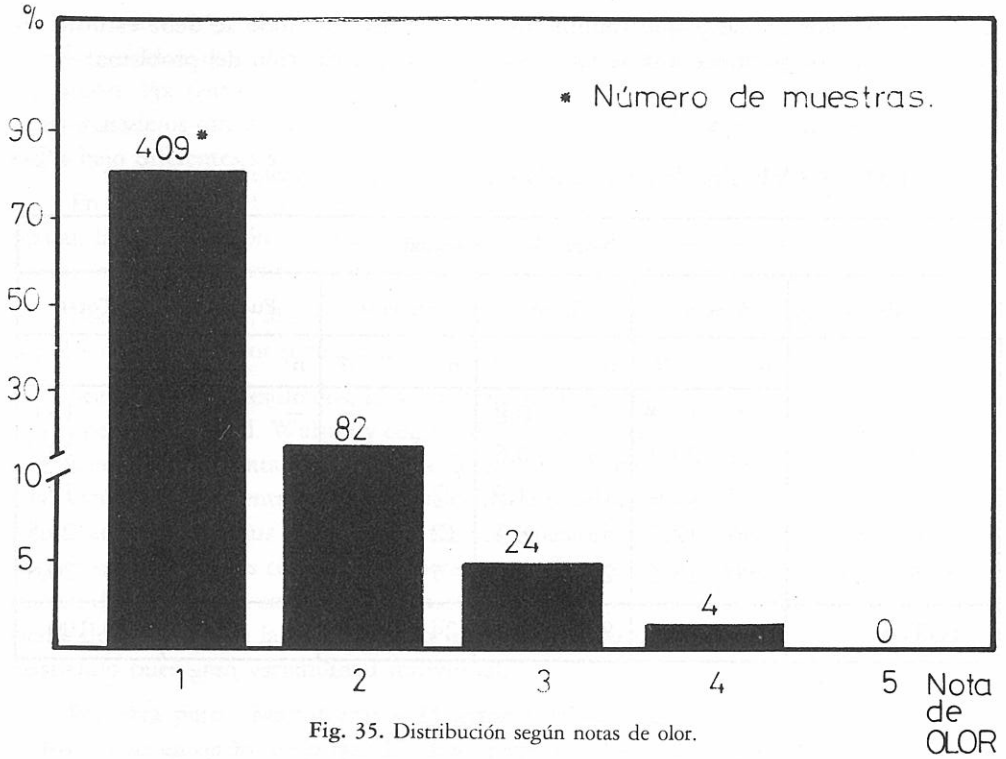


Fig. 35. Distribución según notas de olor.

3 Influencia del olor sexual en las características organolépticas del jamón curado

3.1 Introduccción

En algunos estudios realizados sobre el olor sexual, se afirma que la carne de machos enteros con olor sexual fuerte puede utilizarse en jamón ahumado y salami que son consumidos fríos (William 1963, Pearson 1971).

Sin embargo es frecuente que los industriales atribuyan el origen de algunos defectos organolépticos en jamones curados, al sacrificio de machos enteros.

A fin de esclarecer este panorama se ha estudiado este problema desde el punto de vista químico y organoléptico.

Desde el punto de vista químico se han analizado las concentraciones de androstenona, escatol e indol. Y desde el punto de vista organoléptico se han realizado dos paneles: uno olfatorio al inicio del curado y otro gustativo al final del proceso.

3.2 Resultados y discusión

De los 200 jamones de machos enteros seleccionados, a un 15 % aproximadamente se les apreció presencia de olor sexual en un primer análisis. Los jamones pasaron después por un panel, seleccionándose 15 de ellos con diferentes intensidades de olor.

Las concentraciones de androstenona fueron variables, siendo detectadas organolépticamente a concentraciones superiores a 1 ppm. La concentración máxima de androstenona fue de 2,67 µg/g, y correspondió al jamón n.º 1, con máxima nota de panel (4, fuerte). Las concentraciones de escatol también fueron variables, percibiéndose por encima de 0,1 ppm.

Como puede verse, el escatol se detecta a concentraciones inferiores a la androstenona, aunque también los valores que se encuentran son inferiores. Por tanto es de esperar una contribución al olor sexual, tanto de la androstenona como del escatol.

Las concentraciones de escatol e indol al final del proceso son en algunos casos muy inferiores a las del inicio del proceso, lo cual podría ser debido a dos razones:

1) Disminución de la concentración de escatol e indol durante el proceso, por reacción con peróxidos, aldehidos u otros electrófilos.

2) Disminución de la concentración de escatol por reacción con estos electrófilos al realizar la extracción a 80 °C en metanol.

Por tanto se precisaría un análisis más profundo de la variación de la concentración de escatol con el proceso.

La concentración de androstenona puede disminuir ligeramente con el tiempo, ya que en su molécula existen hidrógenos alílicos que pueden reaccionar con el oxígeno u otros peróxidos. Esto tendrá lugar especialmente en la superficie exterior del jamón.

La muestra n.° 1 que presentaba nota 4 y concentración de escatol e indol menor que 0,01 fue detectada por los 10 miembros del panel A^+ y por ninguno de los 2 A^- (véase el apartado 3.4).

Los panelistas A^- tenían mayor dificultad de decisión a la hora de efectuar un juicio. Por tanto el problema del olor sexual afecta especialmente a la parte de la población que es A^+. En los miembros del panel A^+ se observaban diversos grados de sensibilidad, lo que es de esperar que se presente también en la parte de la población A^+ de nuestro país.

La correlación entre la nota de olor en jamones frescos y el porcentaje de respuestas positivas en los panelistas A^+ fue $R = 0{,}85$ ($P < 0{,}01$), lo cual indica que una selección previa por panel de olfacción evitaría el problema al final del proceso. Sin embargo, esto es difícil a nivel industrial, ya que el elevado número de muestras agotaría pronto a los panelistas. La correlación entre porcentaje de respuestas positivas en A^+ y androstenona fue ($R = 0{,}64$ ($P < 0{,}1$)) mejor que para el escatol ($R = 0{,}22$ (NS)).

Se ha dicho con frecuencia que el olor sexual no se detecta en frío, lo cual es cierto, y por tanto se detectará difícilmente al calar o deshuesar el jamón. Sin embargo al consumir el jamón éste se calienta en la cavidad bucal durante el proceso de masticación, y podrá percibirse el olor, ya que la nariz y la boca se comunican. Este olor es especialmente intenso al pasar el jamón por el esófago. Al realizar la prueba organoléptica, el jamón con nota 4 provocó nauseas en algunos de los miembros del panel A^+, y fue catalogado como bueno por los A^-.

Por lo tanto las muestras que tienen notas 3 (presente) y 4 (fuerte) se detectarán al final del proceso. O sea, el salado, secado y estufaje no elimina el olor sexual, aunque el sabor a rancio pueda enmascararlo ligeramente.

3.3 Soluciones al problema

La castración de los cerdos es la única solución realmente efectiva en la actualidad, para eliminar la problemática del olor sexual.

Se están estudiando diversas vías para solucionar el problema: inmunización, selección genética y selección en matadero. Sin embargo ninguna de ellas es en la actualidad suficientemente efectiva.

Eliminar la grasa externa del jamón, y someterlo a un estufaje, puede disminuir el problema, pero no eliminarlo, ya que la androstenona está presente en la grasa intermuscular e intramuscular y el escatol en el magro y grasa.

TABLA LIX

N.º Jamón	Nota panel	Androste-nona (ppm)	Indol (ppm) inicial	Indol (ppm) final	Escatol (ppm) inicial	Escatol (ppm) final
1	4	2,67	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2	3	1,29	0,14	ND	0,25	0,24
3	3	1,06	0,04	0,09	0,16	0,09
4	3	1,02	< 0,01	< 0,01	ND	0,17
5	2	ND	< 0,01	ND	0,12	ND
6	2	0,39	0,02	< 0,01	0,13	< 0,01
7	2	ND	0,03	ND	0,29	0,08
8	2	1,10	0,07	0,01	0,15	< 0,01
9	2	0,01	0,05	0,03	0,19	0,16
10	1	0,99	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
11	1	2,00	0,03	< 0,01	0,28	< 0,01
12	1	1,10	0,03	0,01	0,10	< 0,01
13	0	0,16	0,03	0,01	0,08	0,01
14	0	0,78	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
15	0	0,27	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01

O = Ausente 1 = débil 2 = leve 3 = presente 4 = fuerte

TABLA LX

N.º Jamón	1	2	3	6	7	8	11	12	13	14
N.º panel de olfacción	4	3	3	2	2	2	1	1	0	0
Androst µg/g	2,67	1,29	1,06	0,39	ND	1,1	2	1,1	0,16	0,78
Escatol µg/g	0,01	0,25	0,16	0,13	0,29	0,15	0,28	0,10	0,08	0,01
Indol µg/g	0,01	0,14	0,04	0,02	0,03	0,07	0,03	0,03	0,03	0,01
Panelistas A^+	10	8	8	8	8	8	8	10	8	10
Panelistas A^-	2	4	4	2	2	4	4	2	4	2
respuestas A^+: +	100	90	50	25	50	37	37	0	25	0
respuestas A^+: D	0	0	13	12	0	13	0	30	0	0
respuestas A^+: −	0	10	37	63	50	50	63	70	75	100
respuestas A^-: +	0	25	25	50	0	25	25	0	25	0
respuestas A^-: D	0	0	0	50	0	0	25	50	0	0
respuestas A^-: −	100	75	75	0	100	75	50	50	75	100

D = dudosos; − = negativas; + = positivas

CORRELACIONES ENTRE VARIABLES

	1	2	3	4
1	–	0,85***	0,53	0,30
2		–	0,64*	0,22
3			–	0,09
4				–

1 = Nota de panel de olfacción inicial
2 = Respuestas positivas en prueba gustativa con catadores A^+
3 = Androstenona
4 = Escatol
*** $P < 0,01$
* $P < 0,1$

3.4 Material y métodos

A fin de poder ver el efecto del olor sexual en jamones curados, se procedió a la selección de jamones que presentasen este defecto, ya en el jamón fresco, en base a diferentes intensidades. Para ello fueron seleccionados 200 jamones de machos, de los cuales se tomaron los que parecían tener olor sexual, esta selección fue realizada por dos personas sensibles a la androstenona. Estas muestras fueron sometidas a un panel de olfacción compuesto por 4 personas previamente entrenadas. En el panel, cada muestra era sometida a tres olfacciones por juez. Se escogía como nota la moda (valor más repetido de los valores obtenidos).

La escala era de 5 puntos a saber: 0 ausente, 1 dudoso, 2 débil, 3 presente, 4 fuerte. En total fueron escogidos 15 jamones, en los que se analizó androstenona por cromatografía de gases y escatol e indol por cromatografía líquida de alta presión (HPLC).

Posteriormente los jamones fueron salados y secados. A los 5 meses fueron deshuesados y envasados al vacío. Se analizó el indol y escatol, permaneciendo posteriormente 45 días en cámara a 4 °C, siendo finalmente sometidos al panel de degustación en el cual participaron 12 personas previamente entrenadas, diez de ellas sensibles olfativamente a la androstenona, indol y escatol (A^+), y dos de ellas insensibles a la androstenona (A^-).

A) Para analizar la androstenona se utilizaron reactivos de grado ACS Merk, la inyección se realiza en un cromatógrafo de gases de alta resolución DANI 3800 H R, equipado con detector de llama (FID) y de captura de electrones (ECD); columna capilar BP1 y registrador LKB de doble canal.

1. Extracción: Extraer 5 gr de grasa con acetato de etilo, concentrar en rotavapor. Tomar 300 mg de extracto fundido.

2. Preparar una columna de silicagel de Ø de 10 mm de la siguiente forma: Activar durante 24 horas a 100 °C silicagel y sulfato sódico, llenar la columna con: 1 cm de Na_2SO_4, 2 cm de silicagel, 1 cm de Na_2SO_4.

El eluyente es ciclohexano-acetato de etilo 98:2.

Disolver la muestra en 2 ml de eluyente aplicándolo en la columna.

Pasar 10 ml de eluyente por la columna y separar la 1ª fracción que es deshechada. A continuación recoger la 2ª fracción con 20 ml más de eluyente, conteniendo esta fracción la 5α-Androstenona.

3. Concentrar en el rotavapor y disolver el residuo en 500 µl de hexano que se inyectan en el cromatógrafo (0,5 µl), el modo de inyección es splitless con una programación de temperatura 80 °C-5 °C/min-260 °C.

Se emplea un patrón externo para efectuar el análisis cuantitativo.

4.– Para confirmar la presencia de de 5α-Androstenona en las muestras se deriva el extracto con PFBHA-HC1 (pentafluorobencil hidroxilamina) que permite una detección selectiva mediante el detector de captura de electrones (ECD).

B) Paralelamente se analiza la concentración de indol y escatol. Se utilizan reactivos (PANREAC) para cromatografía líquida, el cromatógrafo es LKB de HPLC con detector UV de λ variable y registrador LKB de doble canal.

1. Preparación de la muestra: Homogeneizar 5 g de grasa en 25 ml de metanol en Ultraturrax.

Calentar la mezcla a 80 °C en un frasco cerrado, en baño maría durante 5 minutos. Decantar el extracto metanólico en un frasco de 100 ml y repetir la extracción 2 veces.

Enfriar la mezcla de los extractos a −20 °C durante 10 minutos y precipitar la grasa. La solución es filtrada y el metanol se evapora a 40-50 °C en un rotavapor, disolver el residuo en 2 ml de hexano: éter (60:40).

2. Purificación: Preparar una columna cromatográfica de Ø 10 mm la cual se llena con 0,5 cm de Na_2SO_4 activado en una estufa a 100 °C durante 24 h, 5 cm de florisil (activado a 100 °C, 24 h) y desactivado con 3-5 % de agua.

Lavar la columna con 10 ml de hexano éter (60:40). Aplicar la muestra a la columna, disuelta en 2 ml de hexano éter (60:40). Las fracciones recogidas son:

1ª) 2 ml y la 2ª) 10 ml, eluidas con hexano éter (60:40). El escatol e indol están en esta segunda fracción que una vez concentrada se disuelve en 0,5-1 ml de metanol.

La solución es filtrada antes del análisis de HPLC.

3. Cromatografía líquida de Alta Presión (HPLC). Las condiciones de trabajo fueron:

Columna Lichrosorb RP18, 10 µm (4,6 x 250 mm) operando a temperatura ambiente. El rango de absorbancia fue 0.32-0,08 AUFS. Las longitudes de onda usadas fueron 225 nm y 280 nm, se aplicaron 20 µl de muestra y las soluciones se inyectaron mediante un inyector 7215 Rheodyne.

4 Rendimientos de curado en función del sexo

Diferentes estudios han mostrado que los machos enteros tienen una mayor velocidad de crecimiento, mejor eficiencia de conversión y canales más magras que los castrados, siendo las hembras intermedias en estos criterios. Sin embargo se ha visto también que la utilización de machos enteros da menor rendimiento de curado. Esto es debido a que el contenido de proteína en el magro es menor, tiene mayor porcentaje de agua y mayor contenido de carne que las hembras o castrados.

Análogamente en el jamón curado es de esperar un comportamiento similar. Dado que los machos enteros tienen más carne, menor porcentaje de proteínas y grasa, y mayor contenido en agua, tendrán unas mermas mayores a igualdad de tiempo de curación.

En un estudio realizado en Dinamarca en el cual se analizó la composición química del músculo semimembranoso se obtuvieron los siguientes resultados que se indican en la Tabla LXI.

TABLA LXI

	Enteros ♂	Castrados ⚥	Hembras ♀
Peso canal (Kg)	69,2	68,9	69,0
% proteína	21,46	21,84	22,05
% agua	75,69	75,26	75,20
% grasa	1,94	2,13	1,89

Cuyos valores son el promedio de 110 machos enteros, 112 castrados y 112 hembras.

En unas pruebas realizadas en la planta piloto del Instituto Catalán de la Carne se seleccionaron 12 jamones: (4 jamones por sexo) y se estudió el porcentaje de mermas a lo largo de un mismo proceso, (véase la Tabla LXII).

TABLA LXII

Valores medios de las mermas (%) en función del sexo y etapa del proceso

	♂	σ	⚥	σ	♀	σ
Post-salado	7,06	(0,38)	4,61	(0,52)	6,31	(1,07)
60 días	12,04	(0,80)	9,65	(0,86)	10,60	(0,92)
150 días	23,85	(1,21)	19,37	(0,80)	21,49	(1,07)
Peso inicial	8,50	(0,54)	8,90	(0,50)	8,03	(0,50)

Como puede verse el orden de mermas en función del sexo es M. enteros > hembras > castrados. Esta experiencia preliminar debería completarse con un mayor n.º de muestras.