

1. ASPECTES GENERALS

1.1. La qualitat sensorial

El consum de carn de porc al llarg de la història demostra que és un producte que agrada al consumidor. Des de sempre, mentre es consumeixen els productes els consumidors en comentem les seves característiques sensorials, ja siguin percebudes visualment, olfactivament, gustativament, de manera tàctil i, fins i tot, auditivament. Del resultat d'aquestes característiques en depèn l'acceptació o el refús d'aquell producte. Per tant, aquesta avaluació sensorial fa referència al que es coneix com qualitat sensorial d'una carn o d'un producte alimentós.

Són necessàries tècniques d'avaluació sensorial que permetin quantificar i qualificar aquesta qualitat de manera objectiva. Aquestes tècniques han anat evolucionant amb el temps i han constituït una disciplina científica, l'anàlisi sensorial, que es pot usar tant en el control de qualitat com en el desenvolupament de nous productes i en recerca.

1.2. Evolució del sector porcí

El sector porcí va començar essent a base d'explotacions familiars. En els darrers anys ha efectuat un procés de reestructuració important per ser competitiu, que l'ha obligat a millorar l'eficàcia de les seves explotacions incorporant nova tecnologia i sistemes de maneig, que s'ha traduït en un augment de la productivitat, en un increment de la mida de les explotacions, disminuint les familiars i les menys eficients (del Barrio, 1997). L'augment o disminució dels censos dels animals per part dels ramaders està influenciada per la situació del mercat. Aquesta reestructuració és necessària ja que el futur del porcí només serà apte per als més eficaços. Així cal veure com a la U.E. el 1973 hi havia 4 milions d'explotacions i que ara només en queden 1.5 milions. Segons previsions, el 2005 només en quedaran poc més d'un milió (Buixadé, 1997).

Des que l'home ha domesticat els animals, els productors de carn han practicat la castració, tant en porcí, boví com oví. Amb aquesta es facilitava el maneig dels animals mascles i la cria d'aquests en presència de femelles madures. L'efecte de la castració, apart de modificar les característiques sexuals secundàries dels animals, abolint o reduint l'agressivitat i el comportament sexual d'aquests, modifica també la forma i composició del cos (Turton, 1962 i Martin, 1969). Per altra part, però, la producció de mascles enters (sense castrar) és més rendible per als productors i garanteix el benestar animal en el sentit que s'evita la castració, que és una operació dolorosa per a l'animal. Per això aquesta pràctica s'ha anat reduint, especialment en

bovins i ovins. En el cas del porcí però, es veié que la castració disminuï a l'aparició de l'olor sexual en la carn. L'olor sexual és un defecte sensorial important, conegut des de fa dècades (Lerche, 1936), que produeix carns amb una olor i un gust a úric (olor/gust a verro) que provoca el refús d'aquestes per part dels consumidors que hi són sensibles. L'olor sexual està produïda principalment per dos compostos, l'androstenona (5α -androst-16-en-3-ona) que és una feromona sexual i l'escatol (3-metilindol) que és un producte de la degradació del triptòfan. Degut fonamentalment al problema que presenta la carn, la tècnica de la castració es segueix usant en porcí en la majoria de països europeus excepte Irlanda, Regne Unit, Portugal i Espanya on el 90-100% dels animals es sacrifiquen enters (García i López-Bote, 1991; Diestre, 1994; Warkup i Kempster, 1995 i Bonneau, 1998). Malgrat tot, a Espanya cada vegada s'està castrant més (Alejandro Diestre, comunicació personal). A Dinamarca es va intentar deixar de castrar a principis dels 90 per millorar el benestar animal i els beneficis econòmics, però degut als problemes sorgits en l'exportació de carn d'enters, principalment a Alemanya i França, actualment el 95% de la producció de mascles són enters (Chris Claudi-Magnussen, comunicació personal).

Des del punt de vista dels productors cal trobar un equilibri entre les despeses de producció i la demanda dels consumidors per tal d'obtenir el màxim de beneficis possibles. A l'estat espanyol la producció porcina és majoritàriament de mascles enters. Aleshores es planteja la següent pregunta: augmentaria el consum de carn de porc si es produïssin carns en què es garantís l'absència d'olor sexual augmentant així la seva qualitat sensorial?

2. PRODUCCIÓ I CONSUM DE PORCÍ

2.1. Producció porcina

Dins del sector carni mundial el sector porcí és el més important, tant en els països en vies de desenvolupament com en els desenvolupats, malgrat en aquests darrers té menys importància. Segons dades de la F.A.O. (FAOSTAT, 1998) el 1995 un 40% de la producció mundial de carn era de porcí essent aquesta de 83.2 milions de tones. Aquest percentatge va ser del 40.1% el 1996 i es va estimar que seria del 39.7% el 1997. Per tant, la carn de porcí en termes relatius i a nivell mundial és la més important. Dins de la producció mundial de porcí, Àsia és el principal productor i el 1998 en va produir el 52.4%. Pel seu darrera s'hi troben la U.E. dels 15 amb el 29.6% i Amèrica del Nord amb el 11.8%.

El sector porcí dins de la U.E., segons enquestes realitzades el desembre de 1997 es va mantenir estable respecte al desembre de 1996 (EUROSTAT, 1998) i estava entorn els 118 milions de caps de bestiar de porcí de tot tipus, la majoria dels quals eren porcs d'engreix de més de 50 kg (38%) i porcs joves, ja sigui menors de 20 kg (27%) com entre 20 i 50 kg (25%). Els reproductors de més de 50 kg van constituir un 11% de la població porcina (10.6% femelles i 0.4% mascles). Les tendències generals oscil·len entre l'increment i l'estabilitat del número de caps de bestiar porcí, excepte a Holanda que, per efecte de la pesta porcina clàssica va sofrir una disminució del 19.8%. Així dins de la U.E. dels 15, el principal país productor de porcí és Alemanya que produeix aproximadament el 20% seguit d'Espanya (16%), França (13%), Holanda (9-12%) i Dinamarca (9%).

En els darrers anys hi ha hagut alguns factors que han influït en la producció porcina. Així la crisi de les "vaques boges" va augmentar la demanda de la carn de porc, estimulants als ramaders a invertir en les seves granges. Poc després, la pesta porcina clàssica va reduir l'oferta, propiciant al mateix temps la producció, ja que els preus van augmentar.

Segons el secretariat de la O.C.D.E. (1998) la producció, importacions i exportacions de la carn de porcí a la U.E. és la que es pot veure en la **Figura I 1**. S'observa que les exportacions superen amb escreix les importacions pel que la U.E. dels 15 és principalment exportadora. De totes maneres, segons dades estimades per la O.C.D.E. les importacions tendiran a augmentar i les exportacions a disminuir. S'observa també en aquesta figura com la producció i el consum segueixen la mateixa tendència estant la producció per sobre del consum i com, amb els anys ambdós augmenten. La davallada de l'any 97 segurament va ser produïda per l'aparició de la pesta porcina, tal com s'ha comentat anteriorment.

Dins del comerç intracomunitari les exportacions superen àmpliament les importacions en escreix a Holanda i també són superiors a Dinamarca i al Regne Unit. En la resta de països, en canvi, hi ha més importacions que exportacions intracomunitàries tot i que la diferència no és gaire gran.

A l'estat espanyol el cens de porcí per comunitats autònomes és el que es pot veure en la **Taula I 1** (M.A.P.A., 1994). Es pot veure com Catalunya va ser la principal productora de carn de porcí produint-ne el 26.1%, seguida d'Aragó i Castella i Lleó que en van produir 17.1 i 15.1% respectivament. S'observa, doncs, una elevada regionalització censal.

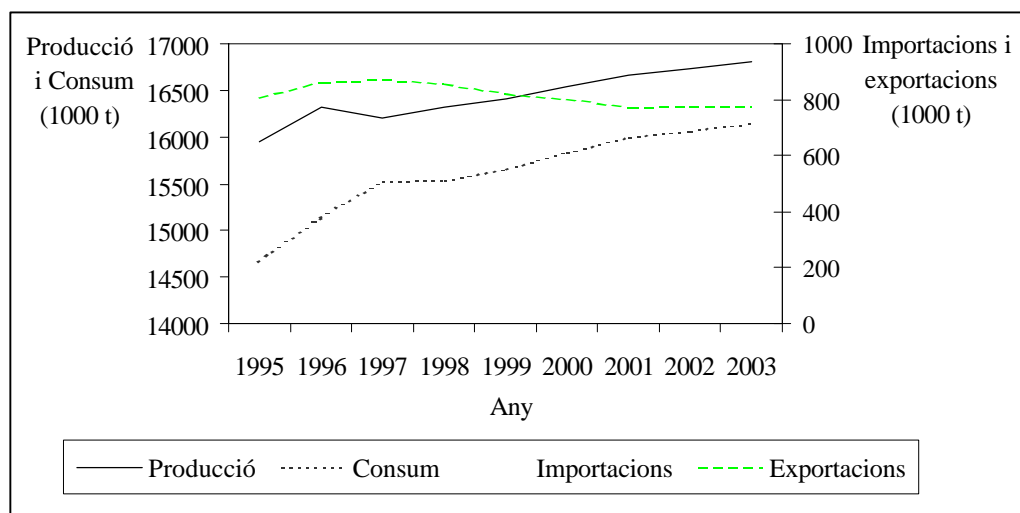


Figura I 1: Producció, consum, importacions i exportacions a la U.E. dels 15 (O.C.D.E., 1998)

Taula I 1: Percentatge del cens de porcí espanyol per comunitats autònomes (CC.AA.).

CC.AA.	%	CC.AA.	%
Andalusia	9.0	Catalunya	26.1
Aragó	17.1	C. València	5.6
P. Astúries	0.3	Extremadura	5.9
Balears	0.5	Galícia	5.4
Canàries	0.3	R. Múrcia	7.2
Castella La Manxa	4.7	Navarra	1.8
Castella i Lleó	15.1	La Rioja	0.7

Font: M.A.P.A. (1994)

2.2. Consum de carn de porc

El consum per càpita de carn de porc dins de la U.E. té una gran importància, essent la carn més consumida en tots els països que la formen tal com es pot veure per l'any 1997 en la **Taula I 2** (FAOSTAT, 1998). Àustria i Dinamarca van ser els països amb major consum seguits d'Espanya i Alemanya. En tots aquests països, igual que a Suècia, Holanda, Bèlgica i Finlàndia el consum de carn de porc respecte al consum total de carn fou superior al 50%. El menor percentatge de carn de porc consumida es va donar en el Regne Unit, seguit de Grècia, Itàlia i França. S'observa que el consum

mitjà de carn de porc a la U.E. va ser de 41.5 kg per càpita, oscil·lant entre 24.6 kg en el Regne Unit i 63.9 kg a Àustria. En la **Figura I 1** s'observa com segons dades de l'O.C.D.E. hi haurà una tendència, a la U.E., a augmentar el consum de carn de porcí amb el temps.

Taula I 2: Consum per càpita anual de carn (kg) a Europa el 1997.

País	Total	Boví	Porc	Oví i cabrum	Aus	% Porc consumit
Alemanya	82.5	15.0	51.9	1.0	12.7	62.9
Àustria	101.1	19.9	63.9	1.2	15.6	63.2
Bèlgica/Luxemburg	67.2	21.3	34.2	1.8	18.8	50.9
Dinamarca	98.2	20.6	57.4	0.8	18.4	58.5
Espanya	102.6	12.8	56.2	6.0	23.9	54.8
Finlàndia	65.2	19.3	32.9	0.4	10.3	50.5
França	97.5	27.6	35.6	4.3	24.3	36.5
Grècia	80.9	19.7	30.3	13.0	16.6	37.5
Holanda	89.0	20.6	47.7	1.1	17.9	53.6
Irlanda	85.7	16.9	35.3	9.5	24.0	41.2
Itàlia	85.0	24.4	35.1	1.6	18.5	41.3
Portugal	83.1	14.8	39.9	3.4	23.5	48.0
Regne Unit	73.7	16.9	24.6	6.5	25.7	33.4
Suècia	67.7	19.3	36.4	0.7	8.7	53.8
U.E.-15	84.2	19.2	41.5	3.7	18.5	49.0

Font: FAOSTAT (1998)

A Espanya el 1997 un 26.6% de les despeses d'alimentació van ser per carn i productes carnis. Es van consumir 2.6 milions de tones de carn, 200.000 tones més que el 1995. Els productes carnis més consumits van ser les carns fresques, seguides dels productes transformats, les despulles càrnies i les carns congelades (M.A.P.A., 1998). Entre les carns fresques destaca un augment extraordinari de la carn de porc, que trenca la tendència descendent que hi havia des de 1991.

2.3. Producció i consum de porcs mascles enters i castrats. Avantatges i inconvenients.

La producció de porcs mascles enters és més avantatjosa que la de castrats tant des del punt de vista econòmic, com medioambiental i de benestar animal. Els avantatges econòmics de la producció d'enters es tradueixen en què aquests tenen un major creixement o guany diari de la canal, un millor índex de conversió de l'aliment i un percentatge de magre de la canal superior, tant si als animals se'ls aplica un règim alimentari restringit com *ad libitum* (Kempster, 1989). En la **Taula I 3** es poden veure els valors d'alguns paràmetres de creixement i característiques de la canal per als tres sexes segons el tipus d'alimentació. Respecte al guany diari de la canal (g) no tots els treballs efectuats han coincidit en el fet que aquest sigui superior en els mascles enters que en els castrats. Així per exemple, Castell i Strain (1985) no hi van trobar diferències significatives (799 g en enters vs. 804 g en castrats), tot i que ambdós van ser significativament superiors al de les femelles (736 g). Els mateixos resultats van ser trobats per Squires *et al.* (1993), essent el guany mitjà diari de 941 g en enters, 975 g en castrats i 879 g en femelles. En d'altres estudis, en canvi, aquest guany mitjà diari va ser superior en castrats que en enters (Grandhi i Cliplef, 1997) essent de 845 i 742 g respectivament. Segons Xue *et al.* (1997) i Quiles i Hevia (1999) aquestes aparents contradiccions es deuen a què el creixement i el desenvolupament dels animals està influenciat per nombrosos factors, el quals no sempre s'han tingut en compte. Els factors que destacarien serien el nivell proteic de la dieta, la presència de determinats aminoàcids, l'energia ingerida, l'edat en què es duu a terme la castració, el pes al sacrifici o el règim de maneig.

Taula I 3: Creixement i característiques de la canal per als tres sexes segons el tipus de règim alimentari (Kempster, 1989).

	<i>Ad libitum</i>			Restringit		
	F	E	C	F	E	C
Índex de conversió de l'aliment *	2.68	2.43	2.79	2.54	2.33	2.70
Guany diari de la canal (g)	642	676	646	535	560	505
Percentatge de magre de la canal	56.4	57.2	53.0	58.5	58.6	55.5

* menjar consumit/pes guanyat

F: Femelles, E: Mascles Enters i C: Castrats

Altres aspectes productius avantatjosos econòmicament es deuen al fet que, en la producció d'enters es tenen menors despeses degut a que s'evita la feina de castrar i, al mateix temps, es produeixen menys pèrdues d'animals. El fet de no sofrir l'operació de castració, ajudat per una major eficiència en el creixement, converteix els mascles enters en més resistents a malalties que els castrats (Walstra i Kroeske, 1968).

Els mascles enters necessiten menys aliments pel fet de tenir una millor eficiència en la retenció de nitrogen (Desmoulin *et al.*, 1974). Per aquesta raó, a una mateixa qualitat de la dieta, els fems procedents de mascles enters també contenen menys nitrogen que els procedents de castrats (Joan Tibau, comunicació personal). Això suposa una millora des del punt de vista mediambiental ja que hi ha menys pol·lució (Laue, 1998). Ara bé, si la dieta dels animals és adequada a les necessitats nutritives d'aquests, no hauria d'existir gran diferència entre el contingut de nitrogen dels fems produïts (Joan Tibau, comunicació personal).

El benestar dels animals experimenta una millora quan no s'efectua la castració. Aquest és un aspecte important també des del punt de vista de l'opinió dels consumidors, sobretot després de l'aparició de moviments en pro del benestar animal. Això és degut a que, els consumidors que tenen en compte el benestar animal, poden deixar de consumir carn si els sistemes de producció no reflecteixen les seves creences.

Malgrat tots els avantatges de la producció d'enters enfront de castrats, en la majoria de països europeus es castren els porcs. El principal avantatge dels castrats respecte els enters és la producció de carns que presenten menys o gens el defecte de l'olor sexual. Aquest defecte està provocat principalment per dues substàncies tal com s'ha esmentat anteriorment, l'androstenona i l'escatol, que es troben en menor concentració en les carns de femelles i castrats que en les d'enters (**Taula I 4**). Al mateix temps, la carn procedent d'animals castrats té més quantitat de greix intramuscular i això pot ser un avantatge tant en la indústria de productes carnis com en l'acceptació per part dels consumidors, ja que segons alguns autors, el greix intramuscular fa que la carn sigui més tendra (Bonneau *et al.*, 1979 i Barton-Gade, 1984) i, per tant, sensorialment millor.

Taula I 4: Continguts mitjans d'escatol i androstenona ($\mu\text{g/g}$) per als tres sexes.

	Castrats	Femelles	Enters
<i>Hansson et al. (1980)</i>			
Androstenona	-	-	0.63
Escatol	0.02	0.01	0.07
<i>Brennan et al. (1986)</i>			
Androstenona	-	nd	0.76
<i>Lündstrom et al. (1988)</i>			
Androstenona	-	-	1.26
Escatol	-	0.024	0.074
<i>Kempster (1989)</i>			
Androstenona	-	-	0.498
Escatol	0.031	0.028	0.064
<i>Stamer et al. (1993) [†]</i>			
Androstenona	0.036	-	0.855
Escatol	0.162	-	0.064

nd: no detectable per cromatografia gas-líquida

[†] Contingut en mitjana per mínims quadrats

3. SUBSTÀNCIES RESPONSABLES DE L'OLOR SEXUAL

Es considera que hi ha dues substàncies que són les principals causants d'aquest problema d'olor desagradable: l'androstenona i l'escatol. Un altre compost que s'ha estudiat com a coresponsable del problema de l'olor sexual és l'indol, però no s'ha demostrat que aquest n'augmenti els nivells. Hansson *et al.* (1980) van estudiar la relació entre la nota d'olor sexual i els continguts en androstenona, escatol i indol de les mostres. La relació que van trobar entre l'olor sexual i els nivells d'androstenona i d'indol era lineal mentre que la relació entre aquesta i els nivells d'escatol era quadràtica (**Figura I 2**). Mitjançant tècniques d'anàlisi de regressió múltiple, veieren que l'olor sexual s'explicava principalment per l'androstenona i l'escatol (coeficient de determinació (cd) 43.0%) mentre que l'indol no aportava cap explicació addicional a aquest problema. L'explicació millorava (cd 49.7%) quan s'usaven els dos compostos individuals i la seva interacció. Més endavant, Annor-Fremptong *et al.* (1997b) també van trobar que l'indol no tenia un efecte directe en la percepció sensorial de l'olor sexual.

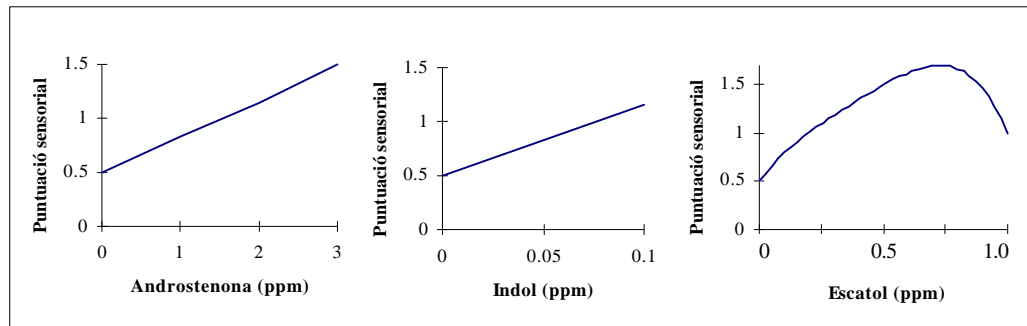


Figura I 2: Relació entre el contingut d'androstenona, escatol i indol amb la puntuació sensorial de l'olor sexual (Hansson *et al.*, 1980).

Dels compostos responsables, l'androstenona i l'escatol se sintetitzen només en els mascles enters encara que l'escatol es podria sintetitzar també en castrats i femelles. Però tant en els castrats com en les femelles les quantitats descrites són molt baixes (0.01-0.02%), tal com s'explicarà més endavant. Un dels grans dilemes és saber quina de les dues substàncies, l'androstenona o l'escatol és la principal responsable de l'olor sexual.

Tanmateix en diferents estudis efectuats s'ha pogut veure que l'androstenona i l'escatol no són suficients per explicar les males olors. Així per exemple, Agerhem i Tornberg (1994) van trobar que aquests dos compostos explicaven un 50% del flavor anormal i Annor-Fremptong *et al.* (1997c) van trobar que explicaven un 56% de l'olor anormal. Altres compostos probables candidats són esteroides testiculars 16-androstens com poden ser el 5β -androst-16-en-3-ona, 5α -androst-16-en-3 α -ol o 5α -androst-16-en-3 β -ol (Claus i Hoffman, 1971; Beery i Sink, 1971; Beery *et al.*, 1971; Thompson *et al.*, 1972), així com àcids grassos de cadena curta, aldehids i 4-fenil-3-buten-2-ona (Rius, 1999). Malgrat això en aquest projecte, com en la majoria d'estudis efectuats, només es tindran en compte els compostos que normalment s'han considerat com a principals responsables d'aquest problema: l'androstenona i l'escatol.

3.1. Escatol

3.1.1. Síntesi i distribució

L'escatol (3-metilindol) és un compost associat a l'olor fecal o naftalina que fou aïllat per Vold (1970) i Walstra i Maarse (1970). És un producte de la degradació anaeròbia

de l'aminoàcid triptòfan per part dels bacteris de l'intestí. Aquesta producció d'escatol es dona en dues etapes (**Figura I 3**):

1. Degradació del triptòfan (isòmers L) a indol o a àcid indol-3-acètic. Aquesta degradació la poden dur a terme varis tipus de bacteris.
2. Degradació de l'àcid indol-3-acètic a escatol (3-metilindol). Aquesta degradació només la porta a terme un tipus de bacteris altament especialitzats que constitueixen el 0.01% de tota la població bacteriana (Jensen i Jensen, 1998).

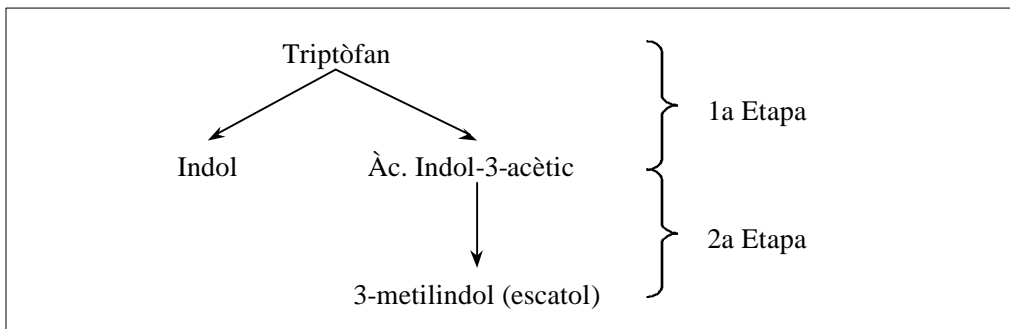


Figura I 3: Etapes de la formació de l'escatol a partir de l'aminoàcid triptòfan (Jensen i Jensen, 1998).

La producció d'escatol a l'intestí es dona principalment en el colon distal o sigui, a la part final de l'intestí gros, tot i que la màxima fermentació microbiana s'ha donat anteriorment, en el cec i en el colon proximal (Jensen i Jensen, 1998). Això és degut a que en el cec i en el colon proximal és on hi ha major quantitat de substrat, format principalment per carbohidrats i proteïnes i, com que els carbohidrats són més fàcilment fermentables, són els que es degraden primer. Quan aquests esdevenen un factor limitant es comencen a degradar les proteïnes.

Un cop format, l'escatol és absorbit per la sang, principalment per la vena porta, que el distribueix al llarg del teixit muscular i en el teixit adipós, on s'hi emmagatzema. Una part de l'escatol format és degradada pel fetge i, de manera menys important, pels pulmons. Una altra part és excretada pels ronyons via orina (Hansen-Møller i Kjeldsen, 1998). Un esquema de la distribució de l'escatol és el que es pot veure en la **Figura I 4**.

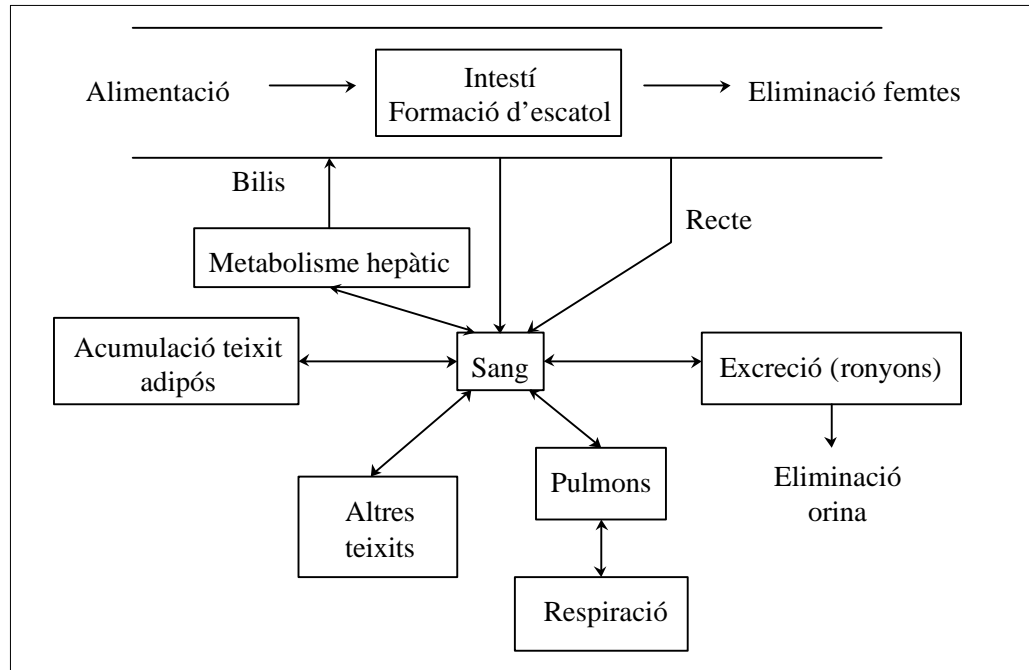


Figura I 4: Distribució de l'escatol (Hansen-Møller i Kjeldsen, 1998).

3.1.2. Factors de variació de l'escatol

La producció d'escatol està influïda principalment per la dieta dels animals i en menor mesura per les condicions de cria i per factors genètics (Hansson *et al.*, 1980 i Lundström i Malmfors, 1993a). A partir dels resultats obtinguts en diferents estudis, s'observa que no hi ha un factor o un tipus d'alimentació únic que afecti a aquests nivells d'escatol sinó que la quantitat que se'n forma depèn de la interacció entre diverses condicions o factors.

3.1.2.1. Composició de la dieta i antibiòtics

Lundström *et al.* (1988) van comparar els nivells d'escatol en porcs que havien seguit una dieta de baixa densitat (rica en fibra crua: civada, segó de blat, segó de civada, farina de fenc i pèsols) i els que havien seguit una dieta d'alta densitat (blat, blat de moro, farina de soja i greix animal) amb la mateixa energia i contingut en proteïna crua. Van observar que els animals alimentats segons la dieta de baixa densitat tenien major contingut d'escatol en el greix subcutani degut a que s'estimula el procés fermentatiu en la part final de l'intestí gros. Aquest resultat no va coincidir amb el que

van trobar Hawe *et al.* (1992) pel qual la presència de fibra en la dieta, tant si en aquesta s'hi inclouï a l'antibiòtic fosfat de tilosina com si no, no va afectar als nivells d'escatol en el greix subcutani. Tampoc Øverland *et al.* (1995) i Van Oeckel *et al.* (1997) van trobar cap influència del contingut i qualitat de la fibra sobre els nivells d'escatol i del greix, sempre i quan les dietes fossin isocalòriques i isonitrogenades, malgrat que en el 2n estudi citat es va observar una tendència a augmentar els nivells d'escatol subcutani si la fibra usada era el segó de blat respecte la polpa de remolatxa i les cloves de soja.

La quantitat d'escatol que es forma en l'intestí es pot veure afectada per la quantitat i tipus de proteïna de la dieta. D'aquesta manera Lin *et al.* (1992) van trobar que es produï a una disminució de nivells d'escatol del sèrum sanguini quan s'augmentava el percentatge de proteïna crua de la dieta. En canvi, Lundström *et al.* (1994) no van arribar a cap conclusió que indiqués que els nivells d'escatol en greix subcutani depenguessin de la quantitat de proteïna de la dieta, en un estudi en què comparaven una dieta amb un 13.1% de proteïna crua i 0.64% de lisina respecte una dieta amb un 18.5% de proteïna crua i un 0.96% de lisina. Jensen i Jensen (1995) van estudiar l'ús de la caseïna com a font de proteïna ja que aquesta es digereix principalment a l'intestí prim i van observar que els nivells d'escatol en greix subcutani eren inferiors respecte a la dieta amb restes de llevat de cervesa, que es digereixen molt poc a l'intestí prim.

La influència sobre els nivells d'escatol dels hidrats de carboni en la dieta també s'ha estudiat. Hawe *et al.* (1992) no van trobar que la lactosa (amb o sense addició de l'antibiòtic fosfat de tilosina) afectés els nivells d'escatol en greix subcutani. Més recentment Jensen *et al.* (1997) van estudiar la influència de diferents fonts de carbohidrats en la dieta sobre els nivells d'escatol, trobant que es produï a una disminució en els nivells d'escatol del plasma sanguini quan les fonts d'hidrats de carboni eren lupines, fructooligosacàrids i midó de patata. Aquesta disminució va ser menys clara quan l'hidrat de carboni era el turtó de nou de coco o turtó de copra i no es va produir quan eren polpa de remolatxa, turtó de palmera d'oli i farina de segó d'ordi.

Kjeldsen (1993) va trobar que una alimentació humida i amb accés lliure a l'aigua reduï a els nivells d'escatol en greix. Andersson *et al.* (1997c) van veure que la reducció dels nivells d'escatol era més important si l'alimentació humida era a base de sèrum que a base d'aigua. En canvi, Hansen *et al.* (1997b) no van poder demostrar un efecte sobre els nivells d'escatol de l'alimentació líquida fermentada respecte l'alimentació seca.

Pel que fa a l'efecte de l'addició d'antibiòtic en la dieta sobre els nivells d'escatol d'aquesta, Hawe *et al.* (1992) i Hansen i Larsen (1994) no van trobar una influència dels antibiòtics fosfat de tilosina en el 1r estudi i tilosina i virginamicina en el 2n, sobre els nivells d'escatol. Hansen *et al.* (1997b), en canvi, van trobar que l'addició de l'antibiòtic zinc de bacitracina a una alimentació líquida fermentada la setmana abans del sacrifici feia disminuir la concentració d'escatol.

En la **Taula I 5** es pot veure un resum dels diferents tipus de dietes estudiades i els principals resultats obtinguts.

A partir de tots aquests estudis sembla que és possible la reducció dels nivells d'escatol de la carn controlant l'alimentació. Ara bé, l'efecte no és del tot clar i fa pensar en que hi ha molts d'altres factors que poden influir en aquests nivells, apart del tipus d'alimentació.

Kjeldsen (1993) va trobar que el dejuni abans del sacrifici també feia disminuir els nivells d'escatol però Andersson *et al.* (1997b) van veure que els nivells d'androgenona augmentaven.

3.1.2.2. Condicions de cria i maneig dels animals

Els nivells d'escatol en el greix subcutani estan influïts per l'estat de neteja dels animals segons Hansen *et al.* (1994). Aquests autors van observar un augment important en el contingut d'escatol del greix subcutani en porcs criats amb els seus purins (sense netejar) i que disposaven de poca superfície a la cort (alta densitat d'animals a la cort) respecte als porcs que durant tot el període de cria, es van mantenir nets i que disposaven de major superfície a la cort (baixa densitat d'animals a la cort). L'augment fins i tot es va donar en porcs que es mantinguessin nets durant tot el període de cria, excepte durant l'última setmana abans del sacrifici (Hansen *et al.*, 1995). El cas contrari també es va produir. O sigui, porcs mantinguts nets abans del sacrifici van tenir menor nivell d'escatol en greix subcutani (Larsen *et al.*, 1993). Aquest aspecte està relacionat amb el tipus de terra del corral, ja que l'slat' és més net que el formigó. És viable, doncs, fer augmentar o disminuir els nivells d'escatol durant la setmana abans del sacrifici, controlant la neteja, la temperatura i la densitat dels animals a la cort. Tot i que semblaria que també es podria relacionar amb el nivell de coprofàgia dels animals, Hawe i Walker (1991) no van trobar que hi hagués cap relació.

Taula I 5: Recull de diferents experiments on s'estudia la influència de diferents components de la dieta en els nivells d'escatol.

Estudi	Tipus de dieta	Mesures d'escatol	Principals resultats
Lundström <i>et al.</i> , 1988	Baixa i alta densitat	Greix subcutani	Dieta amb baixa densitat va tenir major contingut d'escatol que la d'alta densitat
Lin <i>et al.</i> 1992	Diferents percentatge de proteïna crua (PC)	Sèrum sanguini	La concentració d'escatol va disminuir en augmentar el percentatge de PC
Lundström <i>et al.</i> , 1994	Diferent percentatge de proteïna (13.1% PC i 0.64% de lisina (Lys) vs. 18.5% PC i 0.96% Lys)	Greix subcutani	No estan clars. Possible interacció nivell de proteïna, composició dieta i genètica.
Hawe <i>et al.</i> , 1992	Dietes a base de fibra i/o lactosa i amb/sense antibiòtic (fosfat de tilosina)	Greix subcutani	Cap efecte de la dieta, ni de l'antibiòtic.
Øverland <i>et al.</i> , 1995	Dieta control sense polpa de remolatxa i dieta amb un 15% d'aquest component	Greix del coll	No van trobar diferències significatives en el contingut d'escatol segons la dieta
Jensen <i>et al.</i> , 1997	Dieta control amb un 10% de 7 diferents fonts de carbohidrats (lupines (LU), fructooligosacàrids (FO), midó de patata (MP), turtó de copra, polpa de remolatxa, turtó de palmera d'oli i farina de cloves d'ordi)	Plasma sanguini	Dietes amb LU, FO i MP tenen menor nivell d'escatol que la control. En la resta de dietes no hi va haver diferències significatives.
Andersson <i>et al.</i> , 1997c	Alimentació seca i humida (sèrum i aigua) amb diferents continguts de Lisina (Lys)	Greix subcutani	Alimentació humida amb sèrum va disminuir la concentració d'escatol. La Lys no va tenir un efecte clar.
Van Oeckel <i>et al.</i> , 1997	Dieta control (3.3% fibra crua (FC)), dieta amb 15% de polpa de remolatxa (6.3% FC), dieta amb 30% de segó de blat (6.3% FC) i dieta amb 15% de cloves de soja (8.9% FC). Totes les dietes eren isoenergètiques i isoprotèiques.	Greix subcutani	No van trobar diferències en el nivell d'escatol segons la dieta. Lleugera tendència a augmentar el contingut d'escatol en la dieta amb segó de blat.
Hansen <i>et al.</i> , 1997b	Alimentació líquida fermentada (ALF) (amb/sense 50 µg/g de zinc bacitracina) i alimentació seca	Greix subcutani i plasma sanguini	ALF amb antibiòtic feia disminuir la concentració d'escatol.

En alguns estudis (Lundström i Malmfors, 1993b i Hansen *et al.*, 1994) s'ha trobat una influència de la temperatura o estació de l'any de manera que el contingut d'escatol en el greix subcutani és superior a l'estiu que a l'hivern. La temperatura seria la principal raó per aquestes diferències de manera que, a temperatures elevades, s'augmentaria l'escatol de l'aire i aquest s'acumularia en el greix ja que entraria per la pell o pels pulmons (Hansen *et al.*, 1994). Tanmateix, en d'altres estudis (Walstra *et al.*, 1997) aquesta diferència no s'ha trobat de manera clara. Tot i amb això, ni la temperatura ni la densitat d'animals en la cort influeixen en els continguts d'escatol ni indol del greix subcutani si l'animal es cria en condicions de neteja (Hansen *et al.*, 1995) essent doncs, la neteja de l'animal, un factor molt important que afecta al contingut d'escatol del greix subcutani.

3.1.2.3. Factors genètics

Ha estat suggerida l'existència d'una component genètica que afecta al contingut d'escatol (Friis, 1993, Lundström i Malmfors, 1993a i b i Hansen *et al.*, 1994) malgrat sembla que, per tal que el gen s'expressi, es necessitin factors ambientals desencadenants (elevada temperatura, dieta amb baix contingut en proteïna o alta densitat d'animals en la cort, entre d'altres) (Lundström *et al.*, 1994). S'hipotetitza que el gen està associat al potencial per degradar l'escatol de la sang (Friis, 1995) i concretament al citocrom P450IIE1 del fetge, de manera que en cas d'aconseguir-se un marcador genètic per aquest citocrom, es podria usar per seleccionar genèticament els animals per a l'escatol (Babol *et al.* 1997a i 1999).

També el sexe dels animals influeix en els nivells d'escatol de manera que la quantitat d'escatol generalment és inferior en femelles i castrats respecte mascles enters (**Taula I 4**). S'hipotetitza que pot ser degut a una associació entre l'elevat potencial anabòlic dels mascles i l'augment de la renovació de cèl·lules intestinals, que fa que augmenti la formació d'escatol degut a què les cèl·lules exfoliades són una font de triptòfan (Claus *et al.*, 1994). Una altra causa podria ser un efecte inhibitori de les hormones sexuals dels mascles enters sobre el sistema enzimàtic responsable de la degradació de l'escatol en el fetge (Babol *et al.*, 1997b).

3.1.2.4. Efecte de les hormones

Degut a que, com s'ha vist, els nivells d'escatol són més baixos en animals castrats que en enters i que, en la castració s'afecta a la producció d'hormones masculines,

sembla natural suposar que la deposició d'escatol en el greix subcutani està influïda per hormones. Per això, Mortensen (1991) va estudiar l'efecte de l'addició de les hormones testosterona i estradiol en porcs mascles enters sobre els nivells d'escatol en el greix subcutani dels animals i en la intensitat d'olor sexual. Així en aquest treball es van estudiar animals alimentats segons una dieta control durant 8 setmanes i llavors es van fer 3 grups segons si només rebien la dieta control, o si se'ls afegia testosterona (20 mg/dia) o estradiol (10 mg/dia) fins al sacrifici (58-100 kg). Es va observar que la testosterona feia augmentar significativament ($P < 0.01$) els nivells d'escatol en el greix subcutani i el nivell d'olor sexual avaluat sensorialment per un panel entrenat. Aquests resultats fan pensar en la possibilitat de reduir els nivells d'escatol reduint els nivells hormonals, degut al paper que realitza l'hormona testosterona en la deposició de l'escatol en el greix subcutani. Tanmateix no es pot concloure que sigui l'única substància que hi influeix.

Malgrat la influència hormonal, el pes dels animals al sacrifici no afecta als nivells d'escatol (LeDenmat *et al.*, 1993 i Støier, 1994). Tot i amb això, Hansen *et al.* (1997a) van trobar que si els animals tenien nivells elevats d'escatol en el moment del sacrifici (a 120 kg de pes viu), aquests augmentaven significativament amb l'edat i l'estat de maduresa entre 90 i 120 kg, mentre que, en animals que tenien nivells baixos d'escatol al sacrifici, aquests es mantien constants en l'interval de pes estudiat.

3.2. Androstenona

3.2.1. Síntesi, distribució i eliminació

L'androstenona (5α -androst-16-en-3-ona) és un compost que s'associa a l'olor a orina i a la transpiració i fou aïllat per primera vegada per Patterson (1968). És un esteroide anabòlic que no té activitat hormonal sinó que té funció de feromona sexual de marcatge que s'allibera a l'ambient per induir a les femelles una resposta a l'aparellament (Claus *et al.*, 1981). L'androstenona se sintetitza a les cèl·lules de Leydig dels testicles a partir dels precursors pregnenolona i progesterona, degut a una estimulació per part de l'hormona luteïnitzant (LH). Se secreta sempre paral·lelament a les hormones anabòliques testiculars, andrògens i estrògens (Malmfors *et al.*, 1976 i Claus i Hoffman, 1980). A continuació, per la vena espermàtica passa a la sang que la transporta al teixit adipós on, degut a què és altament lipolítica, s'hi emmagatzema reversiblement en majors quantitats que les altres hormones testiculars. L'androstenona es catabolitza en el fetge o es pot eliminar per mitjà de l'orina i també,

l'androgenona captada per les glàndules salivals s'elimina per la saliva (Bonneau i Desmoulin, 1982). Un esquema de la síntesi, distribució i eliminació de l'androgenona es pot veure en la **Figura I 5**.

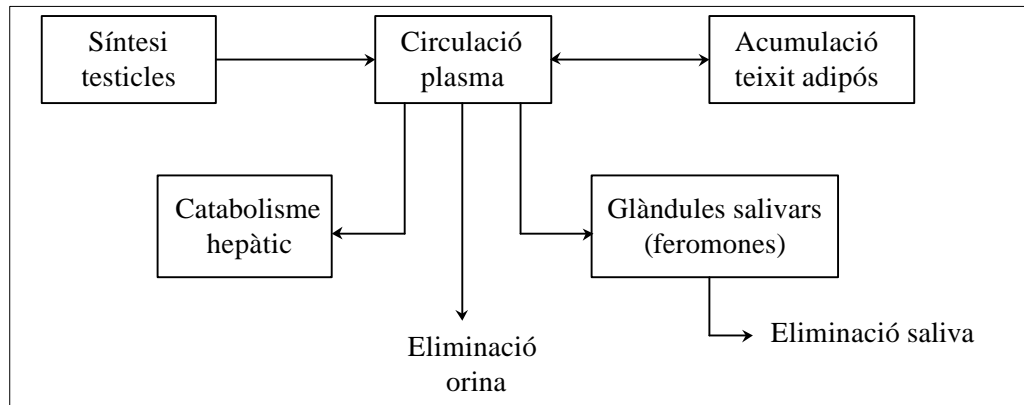


Figura I 5: Síntesi, distribució i eliminació de l'androgenona (Bonneau, 1982).

3.2.2. Factors de variació de l'androgenona

La concentració d'androgenona està influenciada principalment per l'estat fisiològic de l'animal en el moment del sacrifici que depèn, en part, de la genètica d'aquest.

La concentració d'androgenona en el plasma sanguini de porcs mascles enters varia amb l'edat i el pes tal com es mostra en la **Figura I 6** (Claus *et al.*, 1994). S'observa que mentre els porcs són petits i lleugers la concentració d'androgenona augmenta temporalment donant lloc a un pic transitori d'importància fisiològica desconeguda (Berne i Levy, 1992). Després, els valors disminueixen fins a nivells baixos i seguidament tornen a pujar bruscament, i més que la vegada anterior, formant així el segon pic de la corba. Normalment el pes al sacrifici coincideix amb el desenvolupament final de la pubertat en el que els canvis de pes/edat tenen gran influència en el contingut d'androgenona. Aquestes diferències poden ser degudes principalment al genotips (Bonneau *et al.*, 1979) tot i que les influències ambientals (estació de l'any, dieta,...) també poden modificar la corba de desenvolupament pubertal i, per tant, la concentració d'androgenona en el teixit adipós en el moment del sacrifici.

3.2.2.1. Edat i pes al sacrifici. Estat de maduresa sexual

Tal com s'ha dit aquests factors influeixen en els nivells d'androstenona i s'han estudiat en alguns treballs. Patterson i Lighfoot (1984) van intentar determinar si l'edat es podia utilitzar per saber els nivells d'androstenona en greix i van trobar que la correlació entre aquestes dues variables era molt baixa. Bonneau (1982) va coincidir amb aquests resultats. Cinc anys més tard, el mateix autor (Bonneau, 1987), va observar que l'edat només influï a en animals joves (140-170 dies) i de pesos lleugers (60-80 kg) i que no tenia cap efecte quan es tractava d'animals més vells (160-239 dies) i pesats (73-126 kg) coincidint amb el treball de Følrand *et al.* (1980).

Pel que fa al pes al sacrifici, Brennan *et al.* (1986) (estudiant porcs de 100 i 130 kg de pes viu), Bonneau (1987) (estudiant porcs entre 60 i 125 kg de pes viu) i Walstra i Garssen (1995) (estudiant porcs sacrificats a nivell comercial) van trobar que en augmentar el pes de la canal o el gruix de greix subcutani, augmentava la concentració d'androstenona. En canvi, LeDenmat *et al.* (1993) no van trobar diferències en el contingut d'androstenona entre porcs sacrificats a 90 i a 105 kg.

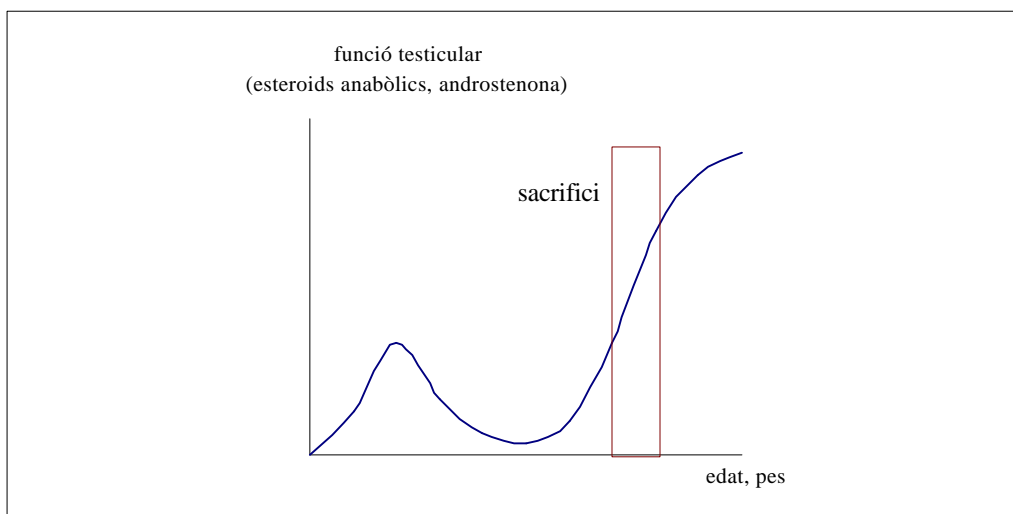


Figura I 6: Variació del contingut d'esteroides anaerobis i androstenona amb l'edat/pes dels porcs (Claus *et al.*, 1994).

3.2.2.2. Factors d'alimentació i de cria

Un factor influent en els nivells d'androgenona és el pla de nutrició ja que pot estimular la funció testicular de manera que majors nivells d'energia suplementària estimulin el desenvolupament testicular i, per tant, augmentin els nivells d'androgenona en el greix (Claus *et al.*, 1994). Degut a això s'ha estudiat la influència del tipus d'alimentació, restringida o *ad libitum*. Brennan *et al.* (1986) la van estudiar en porcs de 130 kg sense trobar cap diferència. D'acord amb aquests resultats Bonneau (1987), en estudiar animals pesats (100 kg o més), tampoc va trobar cap influència de la restricció alimentària en els nivells d'androgenona. En canvi en aquest mateix estudi, en animals sacrificats a pesos lleugers i amb règim alimentari restrictiu, es va observar un augment dels nivells d'androgenona en greix al sacrifici degut, probablement, a què en aquests animals es produï a una reducció del rendiment en el creixement. Contràriament a aquest estudi, Øverland *et al.* (1995) van trobar majors nivells d'androgenona en porcs sacrificats a 99 kg si havien tingut una alimentació *ad libitum* respecte a la restringida. En canvi, la inclusió de fibra (polpa de remolatxa) en la dieta no va modificar els nivells d'androgenona.

L'efecte sobre els nivells d'androgenona de la cria de mascles enters sols o juntament amb femelles va ser estudiat per Patterson i Lightfoot (1984) a diferents pesos. Van observar que la cria fins a 100 kg de mascles enters i femelles barrejats no augmentava els nivells d'androgenona en greix mentre que aquests eren superiors en animals criats conjuntament i sacrificats a elevat pes (110 kg). Ja anteriorment, Bonneau i Desmoulin (1980) havien observat una tendència a augmentar els nivells d'androgenona en mascles enters, criats juntament amb femelles respecte els que es criaven separats. Tanmateix Patterson (1982) en porcs sacrificats a 87kg (pes viu) havia trobat la tendència contrària, o sigui, que els mascles enters tenien majors nivells d'aquest compost en cas de criar-se separats de les femelles que juntament amb elles.

3.2.2.3. Factors ambientals

Tot i les discrepàncies en els diferents estudis realitzats, sembla que els factors ambientals, ja siguin el moment del dia com l'estació de l'any, influeixen en la variació dels nivells d'androgenona.

Claus i Giménez (1977) van estudiar la variació de les concentracions d'androgenona i testosterona, mesurades en el plasma sanguini perifèric, al llarg del dia, tot i que amb pocs animals (3 mascles enters) i només durant 48 h, pel que els resultats no van ser

concloents. Van trobar que tant l'androgenona com la testosterona presentaven 4 augments al llarg del període estudiat, i que aquests eren bastant coincidents en ambdós compostos. Pel que fa a les concentracions mínimes, aquestes es donaven en 4 períodes en la testosterona i 3 en l'androgenona.

Referent a l'estació de l'any sembla que pot tenir un efecte sobre els nivells d'androgenona, degut probablement a un efecte regulador del fotoperíode en la reproducció com s'observa en els porcs senglers (Claus *et al.*, 1983 i Andersson *et al.*, 1997a). De tota manera els diferents estudis són difícils de comparar ja que les condicions de treball són diferents. Així Patterson (1982) va trobar un augment de les concentracions d'androgenona en greix durant els mesos de març i juliol, o sigui, quan la llargada del dia augmenta respecte agost-gener que és l'època d'aparellament del porc. Resultats similars tot i que en un període més restrictiu van ser trobats per Walstra i Garssen (1995) de manera que, l'augment en els nivells d'androgenona en greix el van detectar al final de la primavera (juny-juliol) quan la llargada del dia augmenta i, a finals de l'estiu (agost-octubre) quan la llargada del dia disminueix van trobar una disminució en aquests nivells. Tanmateix els resultats obtinguts van ser diferents en un estudi realitzat per Claus *et al.* (1985) ja que, en disminuir la llargada del dia o bé utilitzant un programa de llum artificial que estimulés la proximitat de l'hivern, van observar un augment en els nivells d'androgenona mesurats en el plasma sanguini perifèric. També Andersson *et al.* (1997a) van trobar que els animals criats en condicions de llum artificial simulant un dia llarg tenien menys nivells d'androgenona que els que seguien el període normal (gener-juny).

3.2.2.4. Fisiologia dels testicles

Es va trobar una relació directament proporcional important entre el desenvolupament (llargada i/o pes) de les glàndules sexuals accessòries, particularment la glàndula bulbouretral o de Cowper i la concentració d'androgenona en greix de porcs mascles enters joves (Førland *et al.*, 1980; Uzú i Bonneau, 1980; Bonneau i Russeil, 1985 i Andersson *et al.*, 1997c), pel que es creu que es poden utilitzar aquestes mides per tal de preseleccionar les canals per a l'androgenona.

La reducció de la mida dels testicles mitjançant l'acetat de trenbolona (Ventanas *et al.*, 1991) o el propionat de testosterona (López-Bote i Ventanas, 1988) també està acompanyada per una disminució de la mida de les glàndules bulbouretrals i relacionada amb la síntesi d'androgenona.

Una manera més dràstica d'influir en els nivells d'androstenona és l'eliminació dels testicles (castració quirúrgica) o la reducció de la seva funcionalitat i mida (immunocastació). Més endavant (punt 3.3.) es parlarà més àmpliament d'aquestes pràctiques.

S'ha estudiat la possibilitat de seleccionar els porcs pel seu nivell d'androstenona usant índexs de selecció basats en el desenvolupament dels testicles (Sellier i Bonneau, 1988) o de les glàndules bulbouretrals (Sellier *et al.*, 1997). Tot i que són índexs que funcionen bastant bé, ja que aquesta selecció no afecta a l'estat de maduresa sexual de l'animal i que biològicament és possible, és molt poc viable i difícil de dur a terme a la pràctica (Bonneau, 1998).

3.2.2.5. Factors genètics

La influència de l'edat i el pes al sacrifici sobre els nivells d'androstenona està relacionada amb l'estat de maduresa sexual dels animals i el potencial de producció d'androstenona i, ambdós factors, estan regulats per la genètica de l'animal (Bonneau, 1989).

Degut a què els nivells d'androstenona varien amb l'edat i el pes de l'animal (**Figura I 6**), la precocitat dels animals per arribar a la maduresa sexual, lligada principalment a la genètica, és un factor important. Per tant els nivells d'androstenona depenen principalment de la genètica i són heredables, pel que sembla que la incidència de l'olor sexual és diferent segons les races (Malmfors *et al.*, 1980). Així per exemple, Bonneau *et al.* (1979), veieren que el greix dorsal dels animals de la raça Landrace belga tenia menor contingut en androstenona que els de la raça Pietrain essent aquests de 0.61 i 1.75 µg/g respectivament. Això podria ser degut a què els animals Pietrain són sexualment més precoços que els Landrace belga. En estudis més recents, Xue *et al.* (1996) i Squires *et al.* (1996) trobaren diferències significatives en els continguts en 16-androstens en el greix en estudiar animals de les races Duroc, Hampshire, Landrace i Yorkshire, essent aquest contingut superior en Duroc i Hampshire en el 1r estudi i només en Duroc en el 2n (**Figura I 7**).

Willeke *et al.* (1980 i 1987) van trobar, després de crear dues línies, una amb alt i l'altra amb baix contingut d'androstenona, que una selecció en la 3a generació seria efectiva. Van trobar també, que la selecció influï a en la resposta endocrinal total dels testicles en els animals de la línia de baixa degut, probablement, a un retard en la pubertat. Així doncs, tot i que l'ús de la selecció genètica per tal de disminuir o

eliminar l'androgenona és possible segons un estudi recopilatori de dades dut a terme per Willeke (1993), degut a una síntesi paral·lela d'androgenona, andrògens i estrògens (Claus *et al.*, 1983), aquesta selecció podria afectar negativament a la producció, ja que es podrien obtenir animals amb una maduresa sexual tardana o bé es podrien tenir conseqüències en el rendiment en el creixement o en la composició de la canal (Bonneau, 1982 i Willeke i Pirchner, 1989). Fouilloux *et al.* (1997) van demostrar l'existència d'un gen relacionat amb el nivell d'androgenona en el greix. Aquest nivell Bidanel *et al.* (1997) el van relacionar genèticament amb el citocrom 7 i s'ha hipotetitzat que està associat amb la quantitat de citocrom b5 isoform de baix pes molecular, que controla la síntesi d'esteroides 16-androstens en mascles enters (Edward *et al.*, 1997).

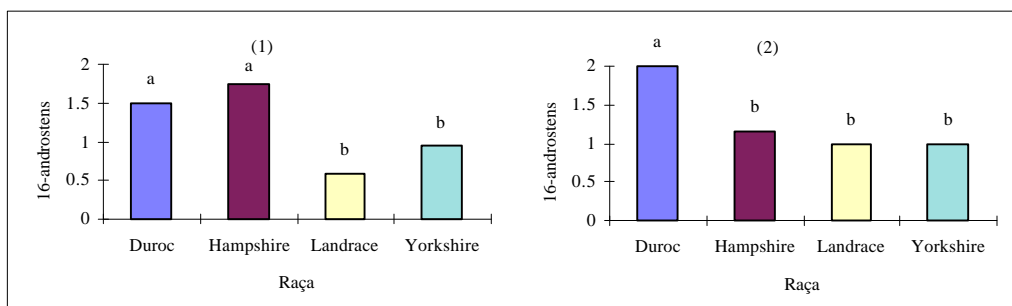


Figura I 7: Concentracions de 16-androstens (µg/g) en greix en 4 races segons (1) Xue *et al.* (1996) i (2) Squires *et al.* (1996).

3.3. Mètodes per a disminuir l'olor sexual

Els nivells d'escatol es poden disminuir principalment modificant el tipus de dieta o les condicions de cria i de maneig i els nivells d'androgenona controlant l'edat i el pes al sacrifici i per factors genètics. Malgrat la influència de la genètica en els nivells d'androgenona dels animals, la selecció genètica no és una pràctica molt utilitzada per reduir-los a causa dels motius que s'han comentat anteriorment. Ja que la síntesi de l'androgenona és als testicles, la castració quirúrgica (escalpel) és un mètode efectiu per disminuir la concentració d'aquesta substància als teixits adiposos on s'emmagatzema i és la tècnica més utilitzada. Juntament amb la castració, a més de reduir els nivells d'androgenona, també es disminueixen els d'escatol. Tanmateix, aquesta tècnica és dolorosa per a l'animal i pot ser causa de malalties pel que no és gaire adequada per garantir el benestar animal. S'han publicat varis treballs científics que donen a conèixer un mètode alternatiu a la castració quirúrgica, la

immunocastració. Un sistema és mitjançant els immunògens 5α -androgen-3-BSA i 5α -androgen-11-BSA que en porcs enters sacrificats a pesos lleugers i pesats fou estudiat per Williamson *et al.* (1985), observant-se bons resultats en l'acció del primer sobre porcs sacrificats a pesos lleugers. Aquest primer immunogen ja havia estat estudiat anteriorment per Williamson i Patterson (1982) a petita escala. En aquest cas, en porcs sacrificats a 92-94 kg i autoimmunitzats durant el principi del creixement, es va aconseguir reduir la deposició d'androgenona en el greix sense afectar al creixement somàtic i a la composició de la canal.

Altres sistemes d'immunocastració són la immunització contra l'hormona luteï nitzant (LH) o bé contra l'hormona alliberadora de gonadotropina o de l'hormona luteï nitzant (GnRH o LHRH), essent aquest darrer mètode més eficaç que el primer (Falvo *et al.*, 1986). La immunocastració activa contra GnRH té un efecte de immunoneutralització del sistema reproductiu dels porcs mascles enters pel que sembla ser una manera pràctica de dur a terme la castració i, al mateix temps, produir efectes mínims en el rendiment i en les característiques de la canal (Falvo *et al.*, 1986 i Bonneau *et al.*, 1994). Meloen *et al.* (1994) i Oonk *et al.* (1995) estudiaren la immunocastració per immunoneutralització de l'hormona GnRH mitjançant el pèptid GnRH de manera monòmera i com a tàndem. Van observar que si s'usava la forma tàndem s'obtenia una resposta més homogènia en tots els animals. En aplicar la primera dosi (a les 9-10 setmanes) els testicles maduraven de manera normal, després de la segona dosi (8 setmanes més tard) aquests van experimentar un procés regressiu i van disminuir de mida. També es van poder observar nivells baixos d'androgenona en el greix. Per tant, amb aquest sistema, la testosterona està present temporalment en el sèrum, la qual cosa suposa un benefici per als productors de carn (Meloen *et al.*, 1994). Així doncs, la immunocastració contra l'hormona GnRH sembla un mètode prometedor per evitar el problema de l'olor sexual i, al mateix temps, beneficiar-se de la majoria dels avantatges de rendiment i qualitat de la canal de mascles. Per aprofitar aquests avantatges es necessita que el temps entre la revacunació i el sacrifici sigui òptim, de manera que es tingui la secreció dels esteroides al màxim nivell durant el major temps possible però, alhora, es deixi el temps suficient perquè la immunocastració disminueixi, abans del sacrifici, les concentracions d'androgenona en el greix fins a nivells acceptables (Bonneau i Enright, 1995). Malgrat tot, i perquè tinguin èxit aquests tractaments, s'ha de conèixer el seu efecte sobre les característiques de la canal, en el sentit que els porcs immunocastrats tinguin una qualitat de la canal semblant a la dels enters (% de magre i gruix de greix).

4. ANÀLISI SENSORIAL DE LA CARN DE PORC

4.1. Definició i normativa existent

L'anàlisi sensorial és una disciplina científica que mesura, analitza i interpreta les reaccions o sensacions humanes a les característiques dels aliments, begudes i materials, així com la manera en què aquestes són percebudes pels sentits de la vista, olfacte, gust, tacte i oïda (IFT Sensory Evaluation, 1975). Atès que aquesta metodologia utilitza els òrgans sensorials humans, precisa de la intervenció activa de l'home.

Des de sempre la persona ha avaluat els aliments, ja sigui conscientment o inconscient, de manera que els ha acceptat o refusat segons la sensació que ha experimentat en observar-los, olorar-los o ingerir-los. Per tal d'usar aquesta avaluació de manera científica és necessari que les respostes obtingudes, ja siguin qualitatives o quantitatives siguin precises i reproduïbles. Cal diferenciar entre les proves quantitatives i qualitatives, realitzades per persones entrenades o degustadors (anàlisi sensorial analítica o panel de degustació), i les realitzades per consumidors sense entrenar (estudis de consumidors).

Per tal d'estandarditzar la metodologia sensorial l'Organització Internacional d'Estandardització (ISO) ha editat unes guies generals a tenir en compte en l'anàlisi sensorial. Espanya, com altres països ha adaptat aquesta metodologia a les seves necessitats i les ha editat com a normes UNE. Aquestes normatives engloben entre d'altres aspectes, les característiques del local en què es fa la degustació, l'entrenament i la selecció dels degustadors, diferents tipus de tests, vocabulari, procediments de mostreig i alguns mètodes d'anàlisi estadística de les dades. Tot i les normatives per tal d'homogeneïtzar i uniformitzar les metodologies d'anàlisi sensorial, comparar resultats entre diverses experiències és difícil, tant dins un mateix laboratori com entre laboratoris i països diferents. Això és degut a què les experiències estan situades en un context concret, la qual cosa dificulta poder extrapolar amb els resultats obtinguts en experiències realitzades en condicions diferents.

4.2. Tipus de proves

Existeixen proves hedòniques o afectives realitzades pels consumidors i usades per mesurar com agrada aquell producte, normalment en terme d'acceptabilitat o de preferència. Tot i que es poden fer servir alguns test analítics, cal un suficient quantitat

de respostes que són obtingudes normalment a partir d'un gran nombre de consumidors. Aquests tests pot ser que s'hagin de fer en condicions adequades de consum, ja sigui a casa o en un restaurant (Kilcast, 1993).

Apart de les proves hedòniques existeixen les proves analítiques que poden ser de varis tipus segons els objectius que es tinguin:

- *Proves de diferència*, (ISO 5495, 1983; ISO 4120, 1983 i ISO 8588; 1988).
- *Proves de categories o escales*, (ISO 4121, 1987 i proves de classificació)
- *Proves descriptives i quantitatives* (Meilgaard *et al.*, 1987). P.e.: perfil de flavor, perfil de textura i anàlisi quantitativa descriptiva.

El perfil descriptiu és una prova analítica molt usada un cop el panel està entrenat (malgrat que hi ha un tipus de perfil que es duu a terme amb consumidors) que inclou l'elecció i definició dels atributs (qualitativament), i la seva valoració de la intensitat (quantitativament) en les mostres objecte d'estudi. Els atributs o descriptors són propietats d'aparença, olor, flavor, textura i so.

En el desenvolupament del perfil descriptiu, primer cal determinar els atributs o descriptors a valorar. Es poden usar varis sistemes per generar aquests atributs (Moskowitz, 1983):

- Descripció lliure no guiada.
- Sessions de grup.
- Descripció entrecreuada (mètode Kelly).
- Mètode de revisió d'una llista prèvia d'atributs (Checklist).

Un cop obtinguts els atributs cal determinar una escala d'intensitat, llistar-los segons l'ordre d'aparició o percepció, valorar el regust després de la ingestió del producte i l'amplitud o grau de mescla i plenitud (Guerrero, 1995). D'aquesta manera s'aconsegueix una descripció qualitativa i quantitativa de les característiques sensorials d'un producte.

4.2.1. Panel de degustació entrenat

L'anàlisi sensorial per part d'un panel de degustació entrenat permet caracteritzar qualitativament i quantitativa un producte. Qualitativament es fa a partir dels atributs o descriptors que descriuen el producte a estudiar, ja sigui d'aparença, flavor, olor,

textura i so. Quantitativament el panel avalua la intensitat o força en què es perceben els atributs (Muñoz, 1998).

Per dur a terme aquesta anàlisi és necessària la formació del panel de degustació. Es tracta d'un procés llarg i difícil en què cal fer una selecció prèvia o preliminar dels degustadors i complementar-la amb una selecció específica per al producte o característica en concret que es vulgui avaluar. Un cop seleccionats cal entrenar els degustadors escollits, primer de manera genèrica i llavors de manera més específica (Guerrero, 1996a) mitjançant proves analítiques. Un cop format el panel, que és el nostre "aparell" de treball, és molt important poder valorar objectivament l'eficàcia de la selecció i l'entrenament, avaluant la seva fiabilitat. En el cas de tenir panels que habitualment fan degustacions cal fer aquesta avaluació periòdicament per tal de garantir la seva estabilitat i operativitat. Amb la fiabilitat s'avalua tant la concordància entre degustadors com la repetibilitat individual (Guerrero i Guàrdia, 1998).

El panel de degustació s'ha entrenat per avaluar el producte objecte d'estudi. Aquest entrenament és el que diferencia degustadors de consumidors. Els degustadors no es poden considerar consumidors ja que les seves respostes no són ingènues sinó fruit d'un entrenament. Degut a això en el perfil descriptiu no s'hi poden incloure variables que facin referència a atributs hedònics com poden ser l'acceptabilitat, la preferència o l'acceptabilitat global del producte i aquest és un dels errors més comuns en estudis de perfil descriptiu per panel de degustació entrenat (Risvik, 1994). L'anàlisi descriptiva per part d'un panel entrenat s'ha utilitzat molt en la carn i productes carnis, ja sigui de manera més senzilla, avaluant un nombre limitat de descriptors o bé avaluant un perfil descriptiu ampli i complet que permeti descriure un producte de manera acurada i detallada (Muñoz, 1998). Normalment, en els perfils sensorials, els atributs es col·loquen en el següent ordre: color/aparença, olor, flavor i textura.

El panel de degustació pot dur a terme l'avaluació de les mostres mitjançant el perfil descriptiu de dues maneres diferents, el perfil descriptiu convencional i el perfil de lliure elecció.

4.2.1.1. Perfil descriptiu convencional

En el perfil convencional, un cop generats els atributs a avaluar s'arriba a un consens de manera que, en l'anàlisi quantitativa posterior, tots els degustadors avaluen els mateixos atributs o descriptors. Aquesta metodologia requereix d'un panel de degustadors entrenat (perfil de flavor i perfil de textura) o semientrenat (anàlisi

quantitativa descriptiva) de manera que, l'avaluació d'un mateix atribut per diferents degustadors, mesuri el mateix concepte sensorial i amb la mateixa magnitud. El procés de selecció, entrenament i manteniment d'un panel és llarg i car, però si està ben fet, es redueixen els problemes, facilitant l'anàlisi posterior de les dades i obtenint resultats més consistents.

Per a l'anàlisi estadística d'aquestes dades es pot utilitzar l'anàlisi de la variància, analitzant variable a variable (atribut a atribut). Aquesta tècnica dóna informació útil però no permet trobar similitud entre les mostres, saber quins atributs caracteritzen les mostres, quins atributs estan relacionats entre ells, etc. Per això, calen tècniques multivariants en les que els atributs constitueixen les diferents variables. Les més utilitzades són l'Anàlisi de Components Principals (ACP) i l'Anàlisi Canònica Discriminant (ACD). La màxima limitació d'aquestes tècniques multivariants es pot explicar pel fet que els atributs no són variables estadístiques, ja que és probable que les avaluacions donades a un atribut per dos degustadors diferents mesurin dos conceptes sensorials diferents (Williams, 1990). Per això no té sentit calcular una mitjana entre els degustadors (Schlich, 1996). Apart de les tècniques multivariants sempre va bé acompanyar aquestes anàlisis mitjançant altres anàlisis que permetin veure les fonts de variació, com l'anàlisi de la variància.

4.2.1.2. Perfil de lliure elecció

Per tal de resoldre el problema citat de la interpretació dels atributs i alhora poder reduir el temps d'entrenament del panel i d'elaboració del perfil descriptiu i fer-lo més econòmic, Williams i Langron (1984) van desenvolupar la tècnica del *perfil de lliure elecció*. Aquesta metodologia es basa en la teoria que tots els individus perceben els mateixos estímuls però els expressen i quantifiquen de manera diferent en funció de varis aspectes (p.e.: socials i culturals). Amb aquest mètode cada degustador obté el seu propi perfil de manera individual, per alguns dels sistemes explicats anteriorment, i avalua les mostres segons aquest. Així doncs, el nombre d'atributs és diferent per a cada degustador. En un estudi realitzat sobre whisky per Guy *et al.* (1989) es veié que la tècnica del perfil de lliure elecció es podia usar en l'estudi de consumidors, obtenint resultats similars als del perfil convencional fet per un panel entrenat. Malauradament, però, la gran quantitat de termes generats i el seu ús van fer molt difícil la interpretació dels atributs.

En aquest tipus d'anàlisi, les tècniques multivariants citades no es poden aplicar, a no ser que es faci una anàlisi separada per a cada degustador. Una tècnica específica que

es pot utilitzar és l'Anàlisi Procrustes Generalitzada (APG) (Gower, 1975 i Dijksterhuis i Gower, 1991/2). Aquesta anàlisi es pot usar tant si un panel semientrenat ha usat la tècnica del perfil convencional com la del perfil de lliure elecció. En el punt 4.4. i Annex I es parlarà més àmpliament d'aquesta anàlisi.

4.2.2. Estudis de consumidors

En les proves de consumidors, el consumidor fa una avaluació hedònica de les mostres. Aquests estudis tenen com a objectiu conèixer les preferències, l'acceptació i l'opinió dels consumidors sobre el producte provat. La sort d'un producte depèn de la seva acceptació per part del consumidor, pel que és molt important per a les empreses conèixer l'opinió dels consumidors a l'hora de prendre decisions sobre un producte, en el desenvolupament i marketing de nous productes, en la reformulació dels existents, en l'acceptació de subministradors i processos alternatius, en l'establiment d'especificacions de control de qualitat, etc. (Muñoz, 1997). Moskowitz (1995) va demostrar en un estudi que el consumidor no en té prou en saber que un producte és d'alta qualitat per motivar-se, sinó que cal que no tingui defectes sensorials i tingui un benefici per a ell.

Les percepcions de la carn per part dels consumidors es poden avaluar de manera qualitativa i quantitativa. Qualitativament s'avaluen els factors que motiven les opinions i el comportament dels consumidors i moltes vegades és difícil d'obtenir la informació amb qüestionaris escrits. Quantitativament s'obtenen dades que es poden resumir i tractar estadísticament. Evidentment que, si es fa conjuntament un estudi quantitatiu i qualitatiu, s'obté una informació més completa de la resposta dels consumidors (Muñoz, 1998). El factor de qualitat més important en la carn depèn molt del context, orientació i mètode de recerca. Alguns canvis en la percepció de la qualitat es donen de manera ràpida (seguretat dels aliments i patògens) i altres més lentament (avaluacions ètiques o morals) (Issanchou, 1996).

En l'estudi és necessari escollir les preguntes o característiques qualitatives o quantitatives necessàries per obtenir la informació que es necessiten per estudiar el que es vol d'aquella carn. Cal tenir present que l'acceptació, la preferència i el consum de les carns per part dels consumidors depèn de factors endògens (heredabilitat, sexe, edat, activitat) i exògens (cultura, societat, economia) (Risvik, 1994).

4.3. L'anàlisi sensorial aplicada a l'estudi del problema de l'olor sexual en carn de porc

4.3.1. *Panels de degustació*

4.3.1.1. Llindar de detecció de l'androstenona i l'escatol

La percepció de les sensacions es pot donar a diferents nivells, cada un dels quals comença a una concentració llindar de la substància. En alguns casos és important conèixer la concentració llindar per a cada un dels degustadors que forma part del panel. També és important a nivell d'estudis de consumidors, per tal d'establir valors d'acceptabilitat del producte. Els tipus de llindar que es poden determinar són els següents (ISO 3972, 1991):

- *Llindar d'aparició, de detecció o de percepció:* Valor mínim de l'estímul sensorial necessari per despertar una sensació. Aquesta sensació pot no identificar-se.
- *Llindar d'identificació o de reconeixement:* Valor mínim d'un estímul sensorial que permet identificar la sensació percebuda.
- *Llindar diferencial:* Valor de la diferència més petita perceptible dins la intensitat física d'un estímul.
- *Llindar terminal:* Mínim valor de la intensitat de l'estímul sensorial per sobre del qual no es pot percebre cap diferència d'intensitat.

En el cas de la carn de porc amb problemes d'olor sexual varis panels han establert llindars per a les dues substàncies responsables del defecte, l'androstenona i l'escatol, que es troben resumits en la **Taula I 6**. Així el llindar més ben estimat de detecció de l'escatol que va trobar Sather (1995) va ser de 0.22 µg/g, que fou superior al trobat per Moss *et al.* (1993) en tests olfactoris de substàncies pures, el qual va ser de l'ordre de 0.005 µg/g. Hawe (1990) en un puré de carn de porc cuïta en el que hi afegia escatol va trobar un valor llindar de 0.09 µg/g i Annor-Frempong *et al.* (1997a) en substàncies sintètiques unides a reïnes, de 0.026 µg/g. Per a l'androstenona el llindar millor estimat de detecció trobat per Sather (1995) va ser de 3.10 µg/g, valor bastant més elevat que el trobat per Brooks i Pearson (1989) que fou de 0.6 µg/g i Annor-Frempong *et al.* (1997a), que va ser de 0.426 µg/g. Aquestes diferències es podrien explicar per una banda, per la diferent sensibilitat dels individus i per altra, pels aspectes metodològics com la temperatura d'avaluació, el volum de líquid utilitzat i la tècnica d'avaluació utilitzada.

Taula I 6: Llindars de detecció per a l'olor de l'androstenona i l'escatol.

Autors i any	Tècnica d'avaluació	Concentració llindar ($\mu\text{g/g}$)	
		Escatol	Androstenona
Brooks i Pearson, 1989	Substància en oli de llavor de cotó i aigua	-	0.6
Hawe, 1990	Puré de carn de porc cuïta on es va afegir escatol.	0.09	-
Moss <i>et al.</i> , 1993	Olfacció directa sobre substàncies pures	0.005	-
Sather, 1995	Substàncies dissoltes en oli de girasol (Protocol ASTM pràctica E 679-91)	0.22	3.10
Annor-Frempong <i>et al.</i> , 1997a	Substàncies sintètiques unides a una reïna	0.026	0.426

4.3.1.2. Atributs usats en l'avaluació de l'olor sexual de la carn de porc

Hi ha varis estudis sensorials en què panels entrenats avaluen mostres procedents de porcs mascles enters amb diferents nivells d'androstenona i/o escatol. En els estudis duts a terme per Bonneau *et al.* (1975), Cowan i Joseph (1981), Cliplef i Strain (1981) i deBrabender *et al.* (1985), el panel no estudiava un perfil descriptiu molt complex sinó que simplement avaluava la presència o absència d'olor sexual i/o la seva intensitat. Més endavant, Squires *et al.* (1991) van quantificar, a més de l'olor i el flavor anormal, l'atribut conegut com 'flavor a porc'. El 1992, Bonneau *et al.* van afegir el descriptor 'orina' al sistema de puntuació de cada degustador. Més recentment, al 1994, Agerhem i Tornberg van usar els següents atributs per descriure tant l'olor com el flavor de carns amb presència d'olor sexual: 'anormal', 'porc', 'orina', 'fems', 'estable', 'naftalina', 'pintura' i 'aiguarràs'. Les mateixes autores, el 1995, van afegir els atributs 'dolç', 'amargament acre, càustic (*acrid*)' i 'rancí-fètid (*rank*)' al perfil sensorial descrit anteriorment.

Per altra banda, Annor-Frempong *et al.* (1997a) a partir d'androstenona i escatol sintètics units a una base lipídica van escollir 7 descriptors per definir l'androstenona: 'suat', 'amoníac', 'brut', 'xirimoia', 'fenc', 'sensació de formigueig en el nas (*nosefeel*)' i 'amargament acre, ranci (*acrid*)' i 3 per l'escatol: 'naftalina', 'tancat, com fàbrica vella (*musty*)' i 'inductor de mal de queixal-reacció en el coll (*body reaction*)'.

En mostres de carn, Annor-Frempong *et al.* (1997b) van reduir els descriptors a 'suat', 'brut', 'fenc' i 'xirimoia' per a l'androgenona i 'naftalina' i 'tancat, com fàbrica vella (*musty*)' per a l'escatol. Agerhem i Dijksterhuis (1997) van trobar per a olor i flavor els descriptors 'porc', 'orina', 'fems/estable', 'naftalina/*mothball*', 'ranci', 'dolç', 'suat' i 'anormal'.

A partir d'aquests treballs es pot veure que l'estudi del problema de l'olor sexual mitjançant panels pot fer-se a varis nivells: avaluant simplement la presència i/o intensitat del problema o d'una característica del problema (olor o flavor de porc i/o orina) o bé trobant un perfil descriptiu més ampli per descriure el problema i avaluar cada un dels descriptors o atributs per tal de caracteritzar sensorialment l'olor sexual.

Pel que es dedueix en els resultats d'aquests estudis la caracterització sensorial de les carns amb problemes d'olor sexual no és simple. Cal descriure-la usant varis atributs sensorials, alguns dels quals difícils de definir, que desglossen l'aparent caràcter multidimensional dels seus principals compostos responsables, l'androgenona i l'escatol i dels altres possibles compostos secundaris com poden ser indols i androstenols. Alhora, la falta de referències per a molts d'aquests atributs o descriptors dificulta l'entrenament dels degustadors per tal de tenir un panel consistent i discriminant.

4.3.1.3. Resultats obtinguts per diferents panels de degustació

4.3.1.3.1. *Avaluació de la presència/absència d'olor sexual en els tres sexes*

Bonneau *et al.* (1975) van avaluar mitjançant un jurat format per 5 homes, la presència d'olors agradables o molt agradables, olor sexual lleugera o pronunciada i olors desagradables no sexuals. L'avaluació es va dur a terme només olfactivament, a partir del fum després de les mostres de greix a les que se'ls va aplicar un soldador calent (Jarmoluck *et al.*, 1970) i que procedien de la zona dorsal, perirenal i inguinals de porcs mascles enters, castrats i femelles de la raça Large White. Van trobar que un 29-33% de les carns procedents de mascles enters i un 0-12% de les procedents de castrats i femelles presentaven problemes d'olor sexual lleugera. L'olor sexual pronunciada es va trobar en un percentatge molt baix de mostres. Percentatges similars van ser trobats per Cowan i Joseph (1981) usant la mateixa tècnica. En aquest cas només avaluaven la presència o absència d'olor sexual, de manera que un 2% de les

mostres procedents de femelles, un 9% de les procedents de castrats i un 24% procedent de mascles enters presentaven aquest problema.

Desmoulin *et al.* (1982) van avaluar llonges de porc trobant que un 36% de les que procedien de mascles enters i un 82% de les que procedien de castrats i femelles no presentaven problemes d'olor sexual mentre que aquests percentatges eren del 43 i 13% quan l'olor sexual detectada era lleu i de 21 i 5% quan era forta. Malmfors i Hansson (1974) avaluant les mostres segons el mètode del ferro calent (Jarmoluck *et al.*, 1970) van trobar olor sexual en un 20% de greix de mascles enters, essent només en un 1% molt elevat. La mateixa tècnica del ferro calent es va aplicar en un estudi realitzat per Cliplef i Strain (1981) confirmant la superioritat organolèptica de les carns de porcs femelles i castrats respecte les de mascles enters. També es van obtenir resultats semblants en un estudi efectuat a l'estat espanyol (Arpa *et al.*, 1988). En aquest treball es va avaluar l'absència i la presència d'olor sexual a nivell lleu, present, forta o molt forta en greix procedent de 519 porcs mascles enters. Un 15.8% de les mostres van presentar olor sexual lleu, en un 4.6% l'olor sexual hi era present i només en un 0.8% l'olor sexual va ser forta. En cap de les mostres estudiades es va avaluar l'olor sexual com a molt forta. Aquests percentatges van ser molt més elevats per als mascles enters en un estudi (deBrabender *et al.*, 1985) realitzat amb animals de la raça Landrace belga, on un 63% del greix procedent d'aquests presentava problemes d'olor sexual. En el cas del greix procedent de femelles i castrats es van detectar problemes d'olor sexual en un 0% i 3% de les mostres respectivament. Quan s'avaluava l'olor que es desprenia de llonges rostides mentre encara eren calentes, aquest percentatge va ser de 83% en mascles enters, 0% en femelles i 4% en castrats. Més recentment, Babol *et al.* (1995) van avaluar l'olor i el flavor de llonges de porc que contenien una mica de greix subcutani, trobant major presència d'aquest defecte, tant per a l'olor com per al flavor, en porcs mascles enters que en castrats i femelles. Les puntuacions en aquest treball van ser més baixes per a l'olor que per al flavor.

Es pot observar com en tots aquests estudis la carn de mascles enters va presentar més clarament problemes d'olor sexual que la de castrats i/o femelles. En la **Taula I 7** es mostren esquemàticament els resultats d'aquests estudis.

En la majoria d'aquests estudis es va avaluar el greix mitjançant el mètode del ferro calent que, segons Squires *et al.* (1991) no és fiable, especialment quan les concentracions d'androstenona són elevades. Van arribar a aquesta conclusió ja que comparaven els resultats obtinguts de mesurar la presència d'olor sexual en mascles enters i femelles mitjançant el mètode del ferro calent aplicat al greix subcutani, avaluat per un panel de degustadors entrenats que determinaven l'olor i el flavor

anormal en llonzes cuites i mitjançant el contingut d'androstenona de les glàndules salivals mesurat analíticament. En aquesta comparació van trobar una mala correlació entre els resultats obtinguts pel mètode Jarmoluck i els analítics mentre que els resultats del panel i el contingut d'androstenona estaven ben correlacionats.

Taula I 7: Principals resultats obtinguts de l'avaluació sensorial de l'olor sexual segons el sexe dels animals.

Autors i any	Avaluació	Mètode	Principals resultats
Malmfors i Hansson, 1974	Pres./abs. OS	Jarmoluck	OS forta en 20% d'E i molt forta en 1%.
Bonneau <i>et al.</i> , 1975	Olor agradable, molt agradable, OS lleugera, pronunciada, olor desagradable no sexual	Jarmoluck	OS lleugera a 29-33% E OS lleugera a 0-12% C i F.
Cowan i Joseph, 1981	Pres./abs. OS	Jarmoluck	OS en 2% F, 9% C i 24% E.
Desmoulin <i>et al.</i> , 1982	Valoracions hedòniques olor, olor no sexual, OS lleugera i OS pronunciada. Aroma, gust, tendresa, sucositat i impressió general	Cocció (llonzes)	36%E i 82%C i F olor no sexual, 43%F , 13%C i F OS fluixa, 21%E i 5%C i F OS forta. Aroma, gust i impressió general significativament més favorable en C i F que E. No diferències en tendresa i sucositat.
Cliplef i Strain, 1981	Pres./Abs. OS	Jarmoluck	Superioritat organolèptica de F i C respecte E.
deBrabender <i>et al.</i> , 1985	Pres./Abs. OS	Jarmoluck(greix) Cocció (llonzes)	OS a: Greix: 63%E, 0%F i 3%C Llonzes: 83%E, 0%F i 4%C
Arpa <i>et al.</i> , 1988	Abs./pres. lleu, forta o molt forta OS	Jarmoluck	15.8%E OS lleu, 4.6% E OS present, 0.8%E OS forta i 0%E OS molt forta.
Babol <i>et al.</i> , 1995	Olor i flavor anormals	Cocció (llonzes)	Superior en E que F i C
Fischer i Dobrowolski, 1995	Pres./Abs. OS	Greix i carn calents	Olor a androstenona (A) a: 46.1%, 82.8% i 100% de greix amb 0.2-0.5, 0.5-1 i >1µg/g d'A.
Xue <i>et al.</i> , 1996	Pres./Abs. androstenona i escatol	Greix calent	15% de les canals van presentar OS.

OS: Olor sexual; E: Enters, C: castrats i F: femelles, Pres.: Presència i Abs.: Absència.

També el 1995, Fischer i Dobrowolski van avaluar l'absència i diferents graus de la presència d'olor sexual en greix i carn de porc calents analitzant-ho però en funció dels nivells d'androstenona en greix subcutani de les mostres. Van trobar relació entre el nivell d'androstenona en greix subcutani i la presència del problema de l'olor sexual. En aquest treball es va demanar als degustadors l'acceptabilitat de les mostres malgrat que aquesta opinió no hauria de ser demanada a un panel entrenat (Risvik, 1994). Xue *et al.* (1996) van avaluar la presència o absència d'olor sexual en mostres de greix procedent de mascles enters escalfat en el microones. El panel, que estava format per 10 degustadors, va trobar un 15% de les canals amb problemes d'olor sexual. En aquest estudi un 49% dels animals tenia valors d'androstenona superiors a 1 µg/g, un 2% tenia valors d'escatol superiors a 0.25 µg/g i un 1.4% de les canals presentava concentracions elevades d'ambdues substàncies.

4.3.1.3.2. *Avaluació de l'olor sexual en funció dels nivells d'androstenona i escatol*

S'han efectuat varis estudis que volen relacionar els nivells d'androstenona i escatol amb l'olor sexual en general. Així doncs, les correlacions trobades entre l'androstenona i/o l'escatol i l'olor sexual avaluada sensorialment en els diferents treballs, es troben resumides en la **Taula I 8**. S'observa com són molt variables segons el tipus de producte avaluat i segurament les diferents variacions en el mètode usat per fer la valoració també han influït en el resultat.

Així per exemple, la correlació entre l'olor sexual o olor anormal i el contingut d'androstenona varia entre 0.20 (Lundström *et al.*, 1988) i 0.53 (Nute *et al.*, 1995) en carn, passant per 0.31 en llonganissa i 0.42 en panxeta (Andressen *et al.*, 1993) i 0.44 en llonganisses (Bonneau *et al.*, 1992). En greix aquesta correlació és en general més elevada, fet lògic si es té en compte que l'androstenona s'acumula en aquest teixit i oscil·la entre 0.51 (Arpa *et al.*, 1988) i 0.75 (Fuchs, 1972), tenint nivells de 0.52 (Annor-Fremptong *et al.*, 1997c), 0.53 (Lundström *et al.*, 1988) i 0.60 (Hansson *et al.*, 1980).

L'olor sexual es va correlacionar amb l'escatol en avaluar la carn amb coeficients de correlació de l'ordre de 0.44 (Bonneau *et al.*, 1992), 0.46 (Nute *et al.*, 1995) i coeficients més elevats com 0.68 (Lundström *et al.*, 1988), 0.76 (Bejerholm i Barton Gade, 1993) i 0.77 en llonganissa i 0.83 en panxeta (Andressen *et al.*, 1993).

Taula I 8: Correlacions entre els continguts d'androstenona i escatol i l'olor sexual.

Autors i any	Valoració sensorial	And. (µg/g)	Escatol (µg/g)	Producte avaluat	Metodologia
Fuchs, 1972	olor sexual	0.75	-	greix	Jarmoluck
Hansson <i>et al.</i> , 1980	olor sexual	0.60 ^{***}	0.53 ^{***}	greix	Jarmoluck
Arpa <i>et al.</i> , 1988	olor sexual	0.51 [*]	-	greix	Jarmoluck
Lundström <i>et al.</i> , 1988	olor sexual	0.53 ^{***}	0.65 ^{***}	greix	Jarmoluck
	olor sexual	0.20 [*]	0.68 ^{***}	llom	cuit 30' a 180°C
Mortensen, 1991	olor sexual	-	0.74 ^{***}	greix	Jarmoluck
Bonneau <i>et al.</i> 1992	olor orina	0.32 ^{**}	0.23 [*]	greix	microones fins liquar al coure
	olor anormal	0.44 ^{***}	0.44 ^{***}	llonzes	al coure
	olor orina	0.28 [*]	0.23 [*]	llonzes	al coure
	olor anormal	0.17 ^{ns}	0.27 [*]	pernil dolç	
	flavor anormal	0.67 ^{***}	0.63 ^{***}	pernil dolç	
Andressen <i>et al.</i> 1993	Olor sexual	0.42 [*]	0.831 ^{***}	panxeta	mostres calentes
	Olor sexual	0.31 ^{ns}	0.767 ^{***}	llom	
	Intensitat flavor	0.42 [*]	0.798 ^{***}	panxeta	
	Intensitat flavor	0.32 ^{ns}	0.663 ^{***}	llom	
Bejerholm i Barton Gade, 1993	olor	0.81 ^a	0.76	llom	microones fins 65°C
Babol <i>et al.</i> 1995	olor porc		-0.411 ^{***}		
	olor anormal		0.568 ^{***}	greix	Jarmoluck
	inten. escatol		0.654 ^{***}		
Nute <i>et al.</i> 1995	olor sexual	0.53 ^{***b}	0.46 ^{**}	carn calenta	
	flavor	0.47 ^{***b}	0.36 ^{**}		
	aroma	0.38 ^{***b}	-0.01 ^{ns}		
Annor-Fremptong <i>et al.</i> 1997c	inten.escatol	0.22 [*]	0.53 [*]		
	inten. and.	0.43 [*]	0.14 ^{ns}	greix	escalpar-lo fins 65°C
	olor porc	-0.10 ^{ns}	0.01 ^{ns}		
	olor anormal	0.52 [*]	0.40 [*]		

* : P<0.05, ** : P<0.01; ***: P<0.001; ns: no significatiu, And.: androstenona

^a androstenona + escatol

^b 16-androstens

Avaluant l'olor sexual sobre greix els coeficients van ser més variables, presentant valors de 0.40 (Annor-Fremptong *et al.*, 1997c), 0.53 (Hansson *et al.*, 1980), 0.57 (Babol *et al.*, 1995) i 0.65 (Lundström *et al.*, 1988) i 0.74 (Mortensen, 1991).

En alguns d'aquests estudis, tal com es detalla en la **Taula I 8**, també es van trobar correlacions entre aquests dos compostos i algun altre atribut com l'olor a 'orina', l'olor a 'porc', el flavor 'anormal', la intensitat a 'escatol, la intensitat a 'androstenona' i la intensitat de flavor en general.

4.3.1.3.3. *Avaluació de la importància de l'androstenona i l'escatol per perfil descriptiu*

En els estudis realitzats anteriorment s'avalua l'olor sexual en funció del sexe dels animals i dels nivells d'androstenona i escatol d'aquestes carns. La importància d'aquests dos compostos en l'olor sexual va ser estudiada per Bonneau *et al.* (1992) mitjançant un panel entrenat de manera que aquest va avaluar l'atribut 'orina' tant en l'olor del greix com en l'olor de les llonzes cuites i va puntuar el flavor en tastar les llonzes. Les llonzes i el greix procedents de castrats van ser millor puntuades que les procedents d'enters, fos quin fos el contingut d'androstenona d'aquests, tant per a l'atribut d'olor 'orina' com per a la puntuació hedònica del panel. Per al cas del flavor, en canvi, les puntuacions van ser pitjors per a les llonzes procedents de mascles enters amb més de 0.25 µg/g d'escatol i 0.5 µg/g d'androstenona. En aquest estudi es va considerar que l'efecte de l'androstenona sobre l'olor sexual era més elevat que el de l'escatol.

Els atributs d'olor i flavor 'anormal' i 'porc' van ser avaluats per Nute *et al.* (1995), arribant a la conclusió que l'escatol tenia una gran importància en la producció d'olors desagradables o anormals en la carn de porc. També van observar com aquesta importància dels atributs depenia de la temperatura de cocció, produint-se un augment en la percepció de l'atribut de flavor 'porc' i una disminució de l' 'anormal' en les carns cuites a 80°C respecte les cuites a 65°C.

En aquest mateix sentit, Agerhem i Tornberg (1994), estudiant la carn de l'espatlla del porc segons un perfil descriptiu que van desenvolupar van trobar que en la carn cuita a 68° C els atributs 'fems' i 'estable' van ser només explicats per l'escatol mentre que 'orina' i 'anormal' eren explicats conjuntament per l'escatol i l'androstenona. Les mateixes autores Agerhem i Tornberg (1995) van estudiar un perfil descriptiu similar per a descriure els atributs en els músculs *Longissimus dorsi* (LD) del llom i *Semimembranosus* (SM) de la cuixa cuites a 68 i 80°C. En aquest cas van trobar que pel que fa al LD a 68°C l'escatol explicava el gust 'anormal', 'pintura' i 'agri' i que la interacció entre l'escatol i l'androstenona explicava l' 'orina', coincidint amb el treball anterior. A 80°C, en canvi, l'androstenona prenia més importància i explicava el gust

‘anormal’, ‘orina’, i ‘ranci-fètid (*rank*)’ mentre que ‘dolç’ era explicat tant per a l’androstenona com per a l’escatol. Per al múscul SM els resultats van ser més complexos i a 68°C ‘dolç’ i ‘ranci-fètid (*rank*)’ eren explicats per a l’escatol, ‘porc’ i ‘estable’ per a l’androstenona i l’escatol i ‘orina’ per a l’androstenona i la interacció entre ambdós compostos. En el cas d’aquest múscul a 80°C la situació es va simplificar de manera que ‘orina’ va ser explicat per a l’androstenona i la interacció i ‘ranci-fètid (*rank*)’ per als dos compostos. Aquests resultats no són ben iguals que els obtinguts per Nute *et al.* (1995), però és difícil comparar ja que es tractava de carn de diferent zones del porc i els descriptors no eren els mateixos.

Annor-Frempong *et al.* (1997a) en desenvolupar el perfil descriptiu per a la carn de porcs mascles enters a partir de substàncies sintètiques unides a una reïna, van observar que alguns atributs com ‘amargament acre-ranci (*acrid*)’ per a l’androstenona i ‘inductor de mal de queixal-reacció en el coll (*body reaction*)’ per a l’escatol, augmentaven si es provaven l’androstenona i l’escatol barrejats mentre que altres atributs com ‘suat’ per a l’androstenona i ‘tancat, com fàbrica vella (*musty*)’ i ‘naftalina’ per a l’escatol disminuïen en en olorar la barreja de les dues substàncies. L’efecte de l’indol també va ser estudiat (Annor-Frempong *et al.*, 1997b) de manera que mentre aquest no tenia un efecte directe en la percepció de l’olor sexual, en els casos en què les concentracions d’escatol eren baixes, l’indol podia compensar l’escatol. La intensitat de l’olor sexual s’incrementava molt més en augmentar una unitat la concentració d’escatol de la mostra que en incrementar-ne una la d’androstenona. En combinar l’escatol i l’androstenona s’intensificava la percepció de la intensitat d’olor basada en la intensitat d’escatol. Per tant, l’efecte de l’escatol s’intensificava amb la presència de l’androstenona però no al revés. Com a conclusions importants d’aquest estudi es pot ressaltar que la importància de l’androstenona, depenia del llindar de detecció del degustador, mentre que la importància de l’escatol depenia del llindar d’acceptabilitat o concentració a partir de la qual una mostra deixa de ser acceptable.

Per tant, observant tots aquests estudis s’arriben a diferents conclusions a l’hora de determinar si l’androstenona o l’escatol és el principal responsable de l’olor sexual, essent ambdós compostos responsables, malgrat que algunes condicions poden afavorir-ne més un que altre. Es pot veure com les condicions de preparació i avaluació de les mostres, el tipus de múscul, la temperatura de cocció, els diferents descriptors, etc., fan els diferents estudis difícilment comparables.

4.3.2. Estudis de consumidors

4.3.2.1. Actitud dels consumidors de diferents països respecte a la carn de porc

En els diversos estudis efectuats s'ha pogut observar que els consumidors britànics i irlandesos en general són poc sensibles al problema objecte d'estudi. Així en l'estudi realitzat en el Regne Unit per Kempster *et al.* (1986) on avaluaven diferències d'acceptabilitat de carn de la cama i llonzes procedents de femelles o de mascles enters, aquestes foren nul·les. Resultats similars van ser obtinguts en el mateix país per Rhodes (1971 i 1972) avaluant l'acceptabilitat de costelles i panxeta procedents de porcs femelles i mascles enters classificats prèviament per un panel entrenat com a carns amb problemes d'olor sexual. A Irlanda, Cowan i Joseph (1981) no van trobar diferències d'acceptabilitat en la cansalada virada procedent de mascles enters i castrats, trobant només diferències degudes a l'estat d'engreixament.

A Canadà i als Estats Units els resultats van ser similars. Així, els consumidors canadencs (Ciplef *et al.*, 1984), en avaluar costelles, pernil rostit, cansalada virada i salsitxes van donar una nota d'acceptació bastant elevada per a tots els productes independentment de si procedien de mascles enters o castrats. Tanmateix, en preguntar-los per la preferència dels diferents productes, excepte en el cas de les costelles, els procedents de mascles castrats foren sempre els escollits, tot i que les diferències no van ser significatives. El 1995 Sather, en un estudi realitzat també al Canadà, va observar que un major percentatge dels consumidors trobaven olors desagradables en lloms procedents de mascles enters respecte els lloms procedents de mascles castrats o de femelles (5.9% vs. 1.3-1.5%), ara bé, el 65% dels consumidors van trobar que la carn procedent de mascles enters i castrats era acceptable i només un 61% van trobar acceptable la procedent de femelles. Per tant, en aquest estudi la discriminació dels consumidors canadencs a la carn de mascles enters tampoc quedà clara. Als Estats Units (Nold *et al.*, 1997) l'acceptabilitat del flavor i de l'olor de les costelles de porc fou sempre la mateixa, sense trobar-se diferències entre els sexes avaluats (enters, castrats i femelles) ni entre els diferents pesos al sacrifici estudiats (100-110 kg).

A diferència dels estudis comentats fins el moment, els consumidors suecs van reaccionar de manera diferent segons la procedència de la carn avaluada. Així, en un estudi realitzat per Lundström *et al.* (1982) on s'avaluaven costelles i panxeta procedents de porcs femelles i mascles enters (classificats en dos tipus segons la presència o absència d'olor sexual determinada per un panel entrenat), la resposta

d'acceptabilitat dels consumidors va ser diferent segons la procedència de la carn. La carn procedent de femelles i de mascles enters sense olor sexual, va ser més acceptada que la carn procedent de mascles enters amb la presència d'aquest defecte. També a Suècia Agerhem i Tornberg (1994) van confirmar els mateixos resultats de manera encara més estricta, ja que la carn procedent de mascles enters (tant si tenien poc o molt contingut d'escatol) va ser sempre pitjor valorada que la de femelles. A la vista d'aquests resultats van concloure que el flavor anormal no depenia només del contingut d'escatol de la carn, al contrari que els resultats obtinguts en un estudi realitzat a Dinamarca (Godt *et al.*, 1996) on van trobar l'escatol com la principal substància responsable del rebuig de la carn per part dels consumidors. D'acord amb l'estudi danès, a Holanda, Walstra *et al.* (1986) també van trobar una reacció negativa dels consumidors a la carn procedent de mascles enters amb elevats nivells d'escatol ($>0.20 \mu\text{g/g}$) respecte a la de femelles o de mascles enters amb baix nivell d'escatol, independentment del contingut d'androstenona. Tanmateix segons Bonneau *et al.* (1992) aquest estudi no era adequat per estudiar la contribució de l'androstenona a l'olor sexual ja que totes les mostres en tenien més de $0.5 \mu\text{g/g}$ mentre que els nivells d'escatol estaven més distribuïts.

Els consumidors espanyols (Diestre *et al.*, 1990) van donar respostes d'acceptabilitat significativament més desfavorables en el consum de llonza, panxeta i pernil curat provinent de porcs amb elevat contingut d'androstenona que en els de baix i mitjà contingut en aquesta substància i els castrats. En canvi, en provar productes cuits que es consumeixen freds (pernil dolç) el grau d'acceptació dels consumidors va ser independent del contingut d'androstenona. En un estudi realitzat per Desmoulin *et al.* (1982) a França es varen obtenir resultats similars, essent els consumidors francesos encara més sensibles que els espanyols ja que van puntuar totes les llonzes de mascles enters, independentment del contingut d'androstenona, pitjor que les de castrats. En aquests dos treballs esmentats es va trobar que les diferències entre carn d'enters i de castrats o femelles són més grans en carn fresca que no en productes carnis. Siret *et al.* (1997), en un estudi també realitzat a França, van trobar que els consumidors preferien la carn de femella a la d'enter i dins la carn d'enter, només trobaven diferències en el contingut d'escatol, essent la carn amb nivell d'escatol superior a $0.25 \mu\text{g/g}$ pitjor puntuada que la que en tenia menys de $0.12 \mu\text{g/g}$, independentment del contingut d'androstenona.

Es pot veure, doncs, que la resposta dels consumidors a la carn i productes carnis procedent de porcs mascles enters o castrats és molt variable entre països. En general i segons aquests resultats, els canadencs, nord-americans, anglesos i irlandesos serien menys sensibles a l'olor sexual que els francesos, suecs, danesos i espanyols. També a

partir dels diferents estudis de consumidors s'observa que no hi ha acord entre quin dels dos compostos, l'androstenona o l'escatol, és el principal responsable de l'olor sexual, tot i que existeix la tendència a considerar-ne l'escatol com el màxim responsable, especialment a Dinamarca. Degut a això, en aquest país, en la mateixa línia de sacrifici classifiquen les canals segons el contingut en aquesta substància i penalitzen les canals que en tenen nivells elevats ($>0.20 \mu\text{g/g}$; Laue, 1998). Cal destacar que en cap d'aquests estudis s'ha tingut en compte que l'escatol és percebut per la majoria dels consumidors mentre que el percentatge de consumidors que perceben l'androstenona és bastant menor. Aquesta anòsmia d'alguns consumidors a l'androstenona pot influir en les puntuacions d'aquests, sobretot tenint en compte que el percentatge de consumidors anòsmics és superior al 60% i és variable segons els països, tal com s'explica més endavant.

La gran variació en els resultats obtinguts en els diferents estudis de consumidors podria ser deguda al tipus de producte avaluat tal com s'ha observat en estudis citats anteriorment (Desmoulin *et al.*, 1982 i Diestre *et al.*, 1990, entre d'altres), a diferències en els hàbits culinaris que afecten a les condicions de preparació i processat de les carns (com el procediment de cocció (Siret *et al.*, 1997 i Béague *et al.*, 1997), la temperatura de cocció (Nute *et al.*, 1995, Wood *et al.*, 1995 i Agerhem i Tornberg, 1995), l'ús d'espècies, etc.), a la freqüència i intensitat en què es presenta aquest problema (Desmoulin *et al.*, 1982), a diferències de producció (com pes al sacrifici) i nivells d'androstenona i escatol de la població porcina de cada país (Walstra *et al.*, 1997), a diferències en la quantitat de població anòsmica a l'androstenona (Gilbert i Wysocki, 1987) i al llindar de detecció d'aquesta substància pels consumidors. En la **Taula I 9** es mostra un resum dels diferents estudis de consumidors i els seus principals resultats.

4.3.2.2. Anòsmies

A més dels factors externs comentats fins ara que afecten a la variabilitat de la resposta dels consumidors hi ha un altre factor intrínsec, la sensibilitat dels consumidors a detectar l'olor sexual. Aquesta sensibilitat és variable segons el compost avaluat, el sexe i el país d'origen.

Una persona presenta anòsmia específica per a una substància sí, malgrat tenir un bon sentit de l'olfacte per a la majoria de les olors, té una abolicció o disminució d'aquest per a aquesta substància en concret (Amoore, 1967, 1969; Amoore *et al.*, 1968; O'Connell, 1991). En el cas de l'escatol no es coneixen anòsmies i, el 99% de les

persones en són sensibles (o òsmiques) (Weiler *et al.*, 1997). L'androgenona, en canvi, és una substància per la que una determinada proporció de la població hi és anòsmica (Griffiths i Patterson, 1970).

Taula I 9: Principals resultats dels estudis de consumidors en diferents països.

Estudi	País	Producte avaluat	Sexe porc	Nom. cons.	Principals resultats
Rhodes, 1971	UK	Panxeta	E, F		No es van trobar diferències.
Rhodes, 1972	UK	Llonza	E, F	1077	No es van trobar diferències.
Cowan i Joseph, 1981	IRL	Cansalada virada	E i C	234	No diferències d'acceptació.
Desmoulin <i>et al.</i> 1982	FR	Llonzes, pernil dolç, llonganissa.	E i F	55 cases	Llonzes de F sempre més acceptades que les d'E, independentment del contingut d'and. Cons. menys exigents en pernil dolç i llonganissa, malgrat els d'E amb alt d'and menys acceptats.
Lundström <i>et al.</i> , 1982	S	Llonza i panxeta	E i F	789	Carn de F i E (amb absència d'olor sexual) més acceptada que carn d'E (amb olor sexual).
Cliplef <i>et al.</i> 1984	CAN	Llonza, pernil rostit, cansalada virada i salsitxes.	E i C	48 cases	No van trobar diferències significatives entre E i C. Tendència a preferir els productes de C.
Kempster <i>et al.</i> , 1986	UK	Carn de la cuixa i llonza	E i F	500 cases	No es van trobar diferències significatives.
Walstra <i>et al.</i> , 1986	NL	Llom	E i F		Carn amb >0.20 µg/g d'escatol pitjor valorada que carn d'E amb menor quantitat d'escatol i de F.
Diestre <i>et al.</i> , 1990	E	Costelles, panxeta, pernil curat i pernil dolç	E i C	898-1566	Pitjor acceptabilitat de llonzes, panxeta i pernil curat d'E amb >1.0µg/g d'and. Pernil dolç d'E i C igual.
Agerhem i Tornberg, 1994	S	Espatlla	E i F	50	Carn de F millor puntuades que d'E.
Sather, 1995	CAN		E,C,F		El 65% cons. accepten carn d' E i C i 61% de F. El 5.9% cons.van puntuar baix carn d'E, 1.3% de C i 1.5% de F
Godt <i>et al.</i> , 1996	DK	Llonza	E,C,F	550 cases	Carn amb major contingut d'esc. pitjor valorada. And. indiferent.
Nold <i>et al.</i> , 1997	USA	Llonza	E,C, F		No van trobar diferències
Siret <i>et al.</i> , 1997	FR	Llonza	E i F		Carn d'E amb >1 µg/g d'and. >0.25 µg/g d'esc. menys acceptades que carn d'E amb >1 µg/g d'and i <0.12 µg/g d'escatol i aquesta que carn de F.

Nom. cons.: nombre de consumidors avaluats en l'estudi; And: Androgenona; Esc: Escatol; FR; França; E: enters; C: Castrats i F: Femelles

Aquesta anòsmia ve determinada genèticament (Wysocki i Beauchamp, 1984) i en alguns casos depèn de la freqüència amb què s'olora aquesta substància, ja que persones aparentment anòsmiques poden adquirir aquesta habilitat (Wysocki *et al.*, 1989) si l'oloren sovint i de manera continuada. Aquesta habilitat també es pot adquirir per adaptació olorant alguna altra substància amb olor semblant a l'androstenona però químicament diferent com la cis-4-(4'-t-ciclobutilhexil)-4-metil-2-pentanona (*pemenone*) (O'Connell *et al.*, 1994; Stevens i O'Connell, 1995 i 1996). La sensibilitat també depèn del sexe dels consumidors (Elseley, 1968; Griffiths i Patterson, 1970 i Gilbert i Wysocki, 1987), essent les dones més sensibles a l'androstenona que els homes (**Figura I 8**).

La sensibilitat dels consumidors varia segons el país d'origen, tal com es pot veure en un estudi que van realitzar Gilbert i Wysocki (1987) sobre 1.5 milions de persones (**Figura I 8**), en què estudiaven la sensibilitat a l'androstenona segons el sexe i el país. El resultat d'aquest estudi fa pensar que la diferent resposta d'acceptabilitat dependent del país pot venir determinada per la quantitat de consumidors que presenta anòsmia específica a l'androstenona.

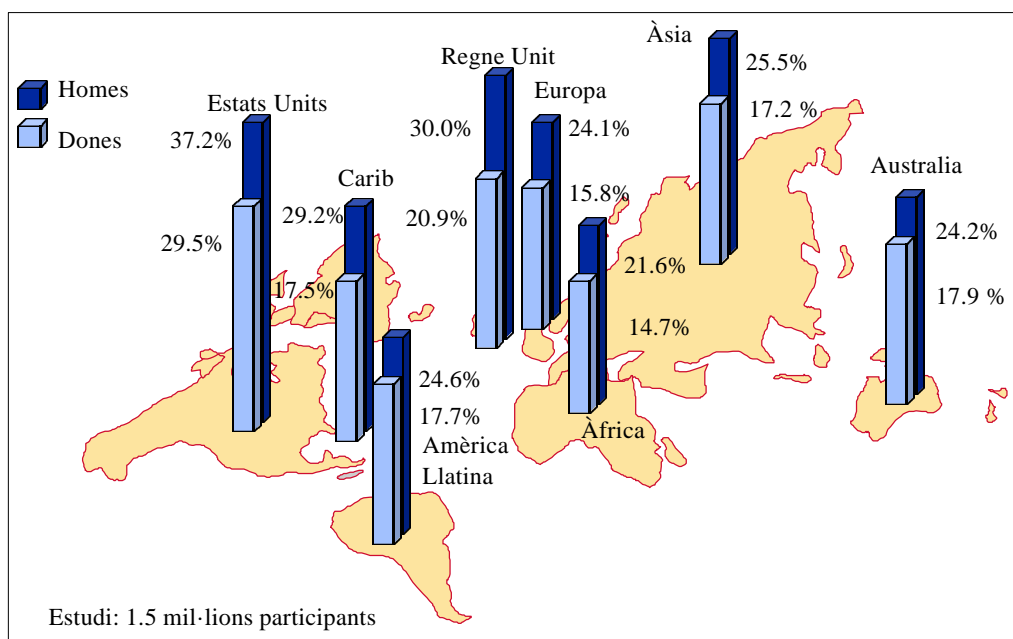


Figura I 8: Percentatge de consumidors anòsmics o poc sensibles a l'androstenona (Gilbert i Wysocki, 1987)

Aquesta sensibilitat pot afectar, doncs, a l'acceptabilitat de la carn de porc o dels productes carnis per part dels consumidors. Es coneix un únic treball que estudia l'efecte de l'anòsmia, avaluant la resposta dels consumidors francesos en consumir paté amb diferents nivells d'androstenona (Siret *et al.*, 1995). En aquest treball els consumidors anòsmics a aquesta substància (un 57% dels estudiats) van puntuar significativament igual els diferents patés, independentment del contingut d'androstenona d'aquests, mentre que els consumidors òsmics a aquesta substància (el 43% restants), van puntuar pitjor els patés amb 0.97 i 1.70 µg/g d'androstenona respecte els que no en tenien gens i encara més malament els patés amb 2.73 µg/g d'aquesta substància.

4.4. L'Anàlisi Procrustes Generalitzada. Aspectes generals.

L'Anàlisi Procrustes Generalitzada (APG) és una tècnica multivariant molt utilitzada en l'anàlisi de dades provinent d'estudis sensorials ja que, mitjançant transformacions, permet corregir diferents fonts de variació degudes a diferències en l'ús de les escales i en la interpretació dels atributs per part dels degustadors. El nom de l'anàlisi prové d'un tirà grec, un hostaler anomenat Procrustes, que un cop tenia les víctimes a casa seva les volia ajustar a les dimensions del llit de manera que les estirava si eren massa curtes o les tallava si eren massa llargues. Es disposa de m matrius X_i de dades (una per a cada degustador i), cada una de les quals està formada per n files corresponents als productes que s'avaluen i p columnes corresponents als p atributs que es valoren.

El que pretén fer l'APG és ajustar les respostes de cada consumidor (les m configuracions) a una configuració consens, mitjançant les transformacions de translació, escalat i rotació/reflexió. Quan les configuracions s'han transformat ja són el més properes possibles i, la seva mitjana, defineix el consens.

4.4.1. Transformacions

La tècnica Procrustes encaixa o ajusta diverses matrius, corregint les principals fonts de variació que es donen en l'avaluació sensorial com l'efecte del degustador en el panel, la puntuació d'atributs usant diferents zones de l'escala, la variació de l'interval de l'escala usat i la interpretació dels atributs. L'encaixament es duu a terme mitjançant 3 transformacions que es veuen representades a la **Figura I 9**.

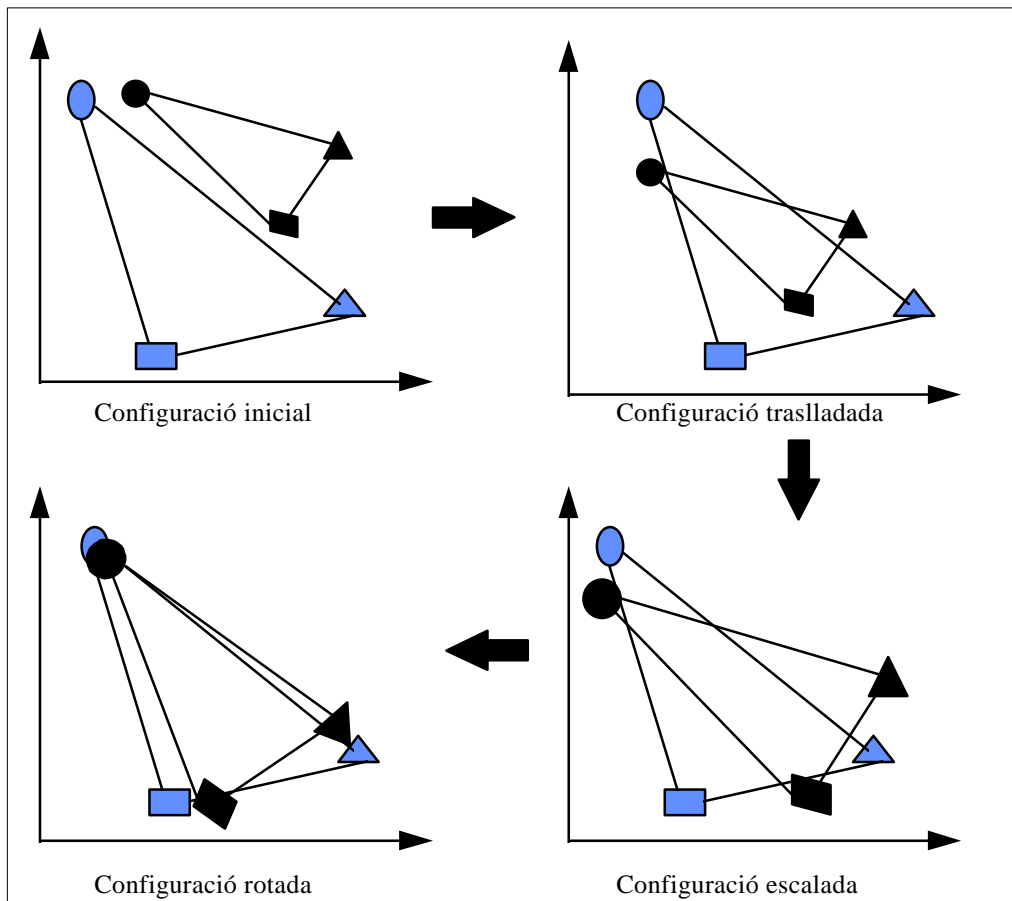


Figura I 9: Transformacions efectuades per l'anàlisi Procrustes generalitzada per a dues configuracions (clara i fosca) de tres mostres (figures geomètriques) en dues dimensions. (Guerrero, 1996b).

Translació: corregeix la diferent part de l'escala que usa cada degustador. Per exemple, en una escala de 0 a 100, un degustador pot donar totes les puntuacions dels N productes entre 5 i 25 i un altre degustador entre 60 i 100. Aquests dos degustadors, tot i usar puntuacions extremes i diferents poden percebre perfectament els objectes de manera idèntica i, potser, estar completament d'acord entre ells, tot i tenir un diferent comportament en l'escala de puntuació (Dijksterhuis, 1996).

Rotació: corregeix el fet que els atributs no han de ser els mateixos per als diferents degustadors, o sigui, que hi ha un efecte d'interpretació dels atributs. Per tant els atributs usats per a descriure un mateix estímul poden variar segons els diferents degustadors. Alguna vegada a més de fer una rotació cal fer una reflexió.

Escalat isotròpic: que corregeix els diferents intervals de puntuació que usen els degustadors. Així per exemple, en una escala de 0 a 100, un degustador pot puntuar entre 10 i 95 de l'escala i un altre entre 60 i 80. Aquest efecte de l'interval està causat per les diferències individuals en la manera de puntuar de cada degustador (Dijksterhuis, 1996).

Un cop aplicades les transformacions, les distàncies entre els objectes reflexen les relacions entre ells. Així els objectes més propers són similars i els més separats són diferents. Durant totes les transformacions es mantenen invariants les distàncies relatives entre els diferents objectes i, per tant, les relacions entre els p atributs d'un degustador no haurien de canviar.

4.4.2. Evolució i aplicacions de l'anàlisi Procrustes generalitzada

Les primeres tècniques permetien encaixar o ajustar només dues matrius (Green, 1952 i Schönemann, 1966) mitjançant la rotació i, més endavant, Schönemann i Carroll (1970) i Gower (1971) hi van afegir l'escalat. Ara bé, a la pràctica el nombre de degustadors és superior a dos, pel que va ser necessari augmentar el nombre de matrius amb què es treballava i ho van fer Kristof i Wingersky (1971), tot i que més tard Gower (1975) va incloure el factor d'escalat a la generalització. L'algorisme descrit per Gower va ser millorat per ten Berge (1977). Així doncs, amb l'APG es fa una combinació de diverses matrius i es comparen totes les configuracions alhora com si fossin un sol grup fins a obtenir la configuració consens com a mitjana de les configuracions transformades. Després d'aplicar l'APG es pot obtenir informació tant de les mostres avaluades com dels degustadors (Arnold i Williams, 1986). El treball realitzat per Gower (1975) és el més citat ja que presenta el desenvolupament matemàtic de l'APG, per a més de dues matrius i per a cada una de les tres transformacions. El procediment minimitza la suma de quadrats o l'estadístic Procrustes. Aquest desenvolupament es presenta en l'Annex I.

L'APG es pot aplicar a matrius de dades que provenen d'un perfil convencional en què cada degustador i avalua el mateix nombre d'atributs p i de mostres n . Ara bé, si el panel està ben entrenat i els degustadors avaluen els atributs de la mateixa manera, per la qual cosa no hi ha diferències individuals, es pot fer una mitjana de les valoracions i aplicar una ACP directament (Dijksterhuis, 1995). De tota manera, no sempre està justificat ignorar les diferències individuals entre degustadors i fer una mitjana de les seves valoracions. En aquest cas, es corregeixen les diferències entre els degustadors fent una APG i a la configuració consens obtinguda s'hi aplica una ACP.

L'APG també es pot aplicar a matrius obtingudes en el perfil de lliure elecció. En aquest tipus de perfil cada degustador avalua els seus propis atributs de manera que es parteix de m matrius, una per a cada degustador amb n files cada una, una per a cada producte avaluat i amb un nombre de columnes diferents p_1, p_2, \dots, p_k per a cada degustador. En aquest cas no es pot trobar una matriu de mitjanes i cal obtenir la configuració de consens a partir de les transformacions de l'APG. A aquesta matriu s'hi pot aplicar l'ACP.

Com que l'APG pel mètode de Gower (1975) fa una anàlisi simètrica, si es té un perfil de lliure elecció cal afegir columnes de zeros a les diferents matrius de manera que en totes es tingui el mateix nombre p de columnes. Més endavant va sorgir una metodologia per realitzar la transformació de la rotació de matrius amb diferent nombre de columnes (ten Berge i Knol, 1984), ampliada per Peay (1988). Amb aquest mètode es maximitza la variància de l'espai consens de baixa dimensió que s'obté. Per tant, després d'aplicar l'APG pel mètode de Peay no cal fer una ACP ja que ja s'ha reduït la dimensió. Els mètodes de Gower i Peay van ser comparats en un treball realitzat per Dijksterhuis i Punter (1990).

L'APG també es pot aplicar per intentar relacionar les mesures sensorials amb les mesures instrumentals (químiques o físiques) d'un producte (Dijksterhuis, 1994). La comparació entre les mesures sensorials i les instrumentals proporciona una manera d'analitzar la fiabilitat o exactitud dels instruments per proporcionar informació sensorial sobre les mostres (Oreskovich *et al.*, 1991). En aquest cas la tècnica és semblant a la del perfil de lliure elecció ja que probablement la matriu amb les dades instrumentals tindrà diferent nombre de columnes que la matriu amb les dades sensorials (mitjana de les puntuacions donades pels diferents degustadors als mateixos atributs i mostres).

Un altre objectiu de les anàlisis sensorials és relacionar les avaluacions de panels de degustadors d'un producte i els seus atributs amb les percepcions dels consumidors i l'acceptació del producte per aquests (Oreskovich *et al.*, 1991).

Els objectius de l'estudi són els que es detallen a continuació:

- ◆ Estudiar els nivells d'androstenona i escatol en el greix dorsal procedent de porcs mascles enters i femelles produïts en el nostre país respecte els produïts en d'altres països europeus, per tal de conèixer la seva incidència. Estudiar l'efecte de varis paràmetres productius sobre els nivells d'ambdós compostos.
- ◆ Aplicació de l'Anàlisi Procrustes Generalitzada (APG) per a l'anàlisi de resultats referents a l'anàlisi sensorial analítica (panel de degustadors) de mostres de carn de porc mascle enter i de femella, per tal d'obtenir una caracterització sensorial del llom de porc segons el seu nivell d'androstenona i escatol.
- ◆ Estudiar la resposta dels consumidors de diferents països europeus (Regne Unit, Dinamarca, França, Suècia, Holanda, Espanya i Alemanya) enfront la carn de llom procedent de porcs mascles enters i femelles, i relacionar-la amb els diferents continguts d'androstenona i escatol d'aquest.
- ◆ Conèixer les reaccions dels consumidors espanyols a l'olor i al flavor de la carn de llom procedent de porc mascle enter en funció de la seva sensibilitat a detectar l'androstenona