

# Analyse comparative de la fraction volatile de jambons secs de porcs Gascon et Large-White x Landrace Français

Nathalie KONDJAYAN (1), Christine VIALON (1), J.L. BERDAGUÉ (1), D. DARIDAN (2),  
Marie-Noëlle SIMON (2), C. LEGAULT (3)

(1) I.N.R.A., Station de Recherches sur la Viande, Laboratoire Flaveur - Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle

(2) I.T.P., 34 boulevard de la Gare - 31500 Toulouse.

(3) I.N.R.A., Station de Génétique Quantitative et Appliquée - 78352 Jouy-en-Josas Cedex.

## **Analyse comparative de la fraction volatile de jambons secs de porcs Gascon et Large-White x Landrace Français**

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet du type génétique (Large-White x Landrace Français ou Gascon x Gascon) sur la fraction volatile du jambon sec. Ainsi, 16 jambons secs produits à partir de 16 animaux (8 porcs Large-White x Landrace Français et 8 porcs Gascon x Gascon) ont été analysés par la technique d'espace de tête dynamique - chromatographie en phase gazeuse - spectrométrie de masse.

La nature et l'origine des 42 substances extraites sont décrites dans cet article. L'analyse statistique a montré que l'incidence de la race des porcs sur la fraction volatile extraite des jambons était très limitée. Deux tendances se dégagent cependant : les jambons gascons se caractérisent par une désorption plus importante de certains composés issus de la dégradation des lipides, tandis que les jambons témoins désorbent davantage plusieurs substances spécifiques du catabolisme des acides aminés.

## **A comparative analysis of the volatile fraction of dry-cured hams produced from Gascon and Large-White x Landrace Français pigs**

The aim of this study was to investigate the influence of genetic type (Large-White x Landrace Français and Gascon x Gascon) on the volatile fraction of dry-cured ham. A total of 16 dry-cured hams produced using 16 animals (8 Large-White x Landrace Français and 8 Gascon x Gascon) were analysed by Dynamic Headspace - High Resolution Gas Chromatography - Mass Spectrometry (DHS-GC-MS).

The type and origin of the 42 volatile compounds extracted are described. Statistical analysis showed that breed had very little effect on the volatile fraction extracted. However, there were two trends. The first, was that the Gascon hams desorbed a higher proportion of substances produced by lipid degradation than the LW x LF. The second trend, was for the LW x LF hams to desorb more substances produced by amino acid catabolism than Gascon hams.

## INTRODUCTION

Les facteurs influençant la qualité du jambon sec ont été largement étudiés par de nombreux auteurs, aux différentes étapes de la filière tant pour les aspects liés aux caractéristiques de la matière première que pour les aspects liés à la technologie de transformation.

L'objectif de cette étude est de comparer, à alimentation et mode d'élevage identiques, l'incidence de deux races réputées très différentes sur la composition aromatique du jambon sec. Les deux races retenues sont Large-White x Landrace Français (LW x LF) considérée comme race témoin, et Gascon x Gascon (G x G) représentant une race locale. Ce travail s'intègre dans un programme de recherches (LEGAULT et al., 1996, SIMON et al., 1996 et SIMON et al., 1997) visant à valoriser des races locales et à mieux comprendre leurs caractéristiques zootechniques et les qualités sensorielles de leurs viandes. Ces études ont déjà conclu à la supériorité sensorielle des produits issus de porcs de race gasconne par rapport à ceux obtenus avec les animaux témoins LW x LF au niveau de la viande fraîche. Ces travaux ont également montré que le taux et la composition du gras intramusculaire, particulièrement déterminants en salaison sèche, étaient également significativement différents.

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Matériel animal

Cette étude concerne 16 jambons secs produits à partir de 16 animaux (8 porcs de race Large-White x Landrace Français : LW x LF et 8 porcs de race Gascon x Gascon : G x G). Les conditions de production de ces animaux sont décrites dans une étude sur la valorisation des porcs Gascon et Limousin (LEGAULT et al., 1996). L'échantillonnage des 16 animaux de cette étude a été fait de manière à constituer 8 couples de jambons de poids équivalent.

### 1.2. Fabrication des jambons

Les 16 jambons ont subi un procédé de transformation artisanal en « jambon sel-sec » suivant 4 étapes visant à conférer un degré de sèche équivalent à tous les produits. Ces étapes étaient les suivantes :

- (1) barratage dans un tonneau en bois pendant 2 minutes avec du poivre et du sel;
- (2) salage au sel de Salies de Béarn à 4°C durant 48 heures par kg de jambon après parage, puis broyage pour éliminer l'excédent de sel ;
- (3) repos pendant 15 jours à 2-3°C dans de l'air brassé ;
- (4) séchage durant 1 mois par kg de jambon frais entre 11 et 14°C avec une hygrométrie de 75% puis maturation de 4 à 5 mois dans de la panure de graisse de porc pour éviter le croûtage.

La durée totale de fabrication a été fonction du poids des jambons : 10,5, 11,5 ou 12,5 mois pour des jambons dont les poids étaient respectivement inférieurs à 9 kg, compris entre 9 et 10 kg ou supérieurs à 10 kg.

### 1.3. Analyse des composés volatils

Sur un échantillon de 200 grammes de *Biceps femoris* congelé sous vide à -20°C, 20 grammes ont été homogénéisés avec une râpe manuelle puis 5 grammes du broyat ont été introduits dans une cartouche d'extraction en verre (diamètre : 4,5 mm, hauteur : 90). Les composés volatils ont été extraits par entraînement dynamique de l'espace de tête (flux d'hélium de 3 l.h<sup>-1</sup> pendant 60 min à 30°C) et piégés sur Tenax. Ils ont ensuite été injectés, par « flash désorption » du Tenax à 220°C, dans un chromatographe (Hewlett Packard 5890) couplé à un spectromètre de masse (Hewlett Packard 5971A). Les conditions chromatographiques étaient les suivantes : colonne capillaire apolaire DB5 (longueur : 60 m ; diamètre interne : 0,32 mm ; épaisseur de phase : 1 µm), programmation de la température du four : 40°C pendant 5 min puis montée de 3°C par minute jusqu'à 200°C, puis pallier de 2 min à 200°C, sans fuite, débit dans la colonne : 1 ml.min<sup>-1</sup>. Les spectres de masse ont été obtenus en impact électronique à 70 e<sup>-</sup>V. L'identification des composés volatils a été faite par comparaison des spectres expérimentaux à ceux contenus dans la banque de spectres : NIST/EPA/MSDC, 1991 et par comparaison des indices de rétention expérimentaux (TRANCHANT, 1982) à ceux d'une banque d'indices de rétention (KONDJOYAN et BERDAGUÉ, 1996). L'aire de chaque pic du chromatogramme, exprimée en unité de surface arbitraire, a été obtenue par intégration du courant ionique total ou par estimation du courant ionique total lorsque les intégrations étaient faites à partir d'ions spécifiques dans le cas des composés en co-élution.

### 1.4. Analyses statistiques

Une analyse de la variance a été réalisée afin d'étudier l'incidence des deux races sur les composés volatils. Pour chaque race, 8 jambons secs ont été analysés.

Une analyse en composantes principales (procédure « VARI-MAX », STATBOX, 1996) a permis d'étudier les relations entre les différents composés volatils ainsi que l'effet du type génétique des animaux sur la fraction volatile du jambon sec.

## 2. RÉSULTATS - DISCUSSION

Les 42 composés identifiés (tableau 1) appartiennent à différentes familles chimiques : aldéhydes (10), alcanes et alcènes (8), alcools (8), cétones (5), acides carboxyliques (5), composés aromatiques (4), composé soufré (1), et une pyrazine. Ces résultats sont cohérents avec ceux déjà publiés par GARCIA et al., 1991, BERDAGUÉ et al., 1991, BERDAGUÉ et al., 1993, BUSCAILHON et al., 1993 ou HINRICHSSEN et PEDERSEN, 1995 qui avaient extrait et

Tableau 1 - Liste des composés identifiés dans les jambons

Pic	Composés	IR obs	IR ref	Degré d'identification	Degré de signification	Médiane	Min	Max
1	pentane	500	500	a	NS	1,99	<0.1	9,07
2	2,3-butanedione	584	593	b	X	57,61	15,04	129,29
3	hexane	600	600	a	NS	2,63	2,19	10,65
4	acide acétique	608	-	c	NS	9,99	6,08	17,19
5	3-méthylbutanal	650	654	b	NS	8,31	4,71	154,05
6	2-méthylbutanal	660	662	b	NS	1,80	0,98	55,21
7	1-pentène-3-ol	679	683	b	NS	10,22	4,43	30,98
8	pentanal	695	699	b	NS	13,72	7,44	37,47
9	heptane	700	700	a	NS	9,20	4,69	98,10
10	3-hydroxy-2-butanone	708	711	b	X	89,33	24,54	336,02
11	3-méthylbutanol	731	737	b	NS	36,22	8,06	456,61
12	diméthyl disulfide	746	744	b	X	33,08	11,12	135,43
13	acide 2-méthylpropanoïque	753	ND	c	NS	64,84	25,57	125,77
14	pentanol	763	766	b	NS	47,99	15,78	279,86
15	2,3-butanediol	779	782	b	X	11,81	1,76	65,19
16	acide butanoïque	784	779	b	NS	25,31	7,12	49,97
17	1-octène	789	792	b	NS	<0.1	<0.1	33,66
18	1,3-butanediol	789	782	b	NS	10,86	1,52	75,23
19	hexanal	798	779	b	NS	125,45	<0.1	473,77
20	octane	800	800	a	X	361,52	218,14	825,44
21	acide 3-méthylbutanoïque	842	838	b	NS	131,67	82,85	320,49
22	acide 2-méthylbutanoïque	853	843	b	X	34,66	21,53	137,10
23	p-xylène	865	-	c	NS	73,96	4,29	529,35
24	m-xylène	873	873	b	NS	14,24	5,58	51,92
25	2-heptanone	888	888	b	NS	5,12	<0.1	53,43
26	éthényl benzène	895	893	b	NS	34,00	4,49	353,69
27	o-xylène	898	896	b	NS	6,95	0,87	29,11
28	heptanal	899	900	b	X	0,45	0,16	1,23
29	nonane	900	900	a	NS	38,69	11,50	134,68
30	2-butoxy-éthanol	905	904	b	NS	17,17	3,15	85,80
31	2,6-diméthylpyrazine	912	913	b	*	15,10	7,46	45,65
32	2-hepténal	956	954	b	NS	8,24	3,80	21,39
33	1-octène-3-ol	978	980	b	NS	21,15	11,08	99,63
34	5-heptèn-2-one, 6-méthyl-	985	987	b	NS	25,40	17,09	35,74
35	décane	1000	1000	a	NS	19,95	<0.1	105,37
36	octanal	1002	1004	b	NS	128,65	96,21	346,27
37	octanol	1068	1075	b	NS	9,92	4,65	62,33
38	undécane	1100	1100	a	*	5,73	<0.1	20,48
39	nonanal	1105	1104	b	NS	220,41	8,51	366,43
40	2-nonénal	1162	1160	b	NS	8,08	3,36	10,50
41	décanal	1207	1204	b	NS	40,19	25,94	62,57
42	5,9-undécadien-2-one, 6,10 diméthyl-	58,51	-	c	NS	13,46	7,43	22,45

Les indices de rétention observés ont été calculés sur une colonne chromatographique de type DB5. Ceux-ci ont été comparés aux indices de rétention de la compilation réalisée par KONDJAYAN et BERGAGUÉ, (1996). Le degré d'identification a été symbolisé par : a = spectre de masse et indice de rétention identiques à ceux d'une substance injectée ; b = spectre de masse et indice de rétention cohérents avec les données de référence ; c = spectre de masse cohérent avec celui des banques NIST/EPA/MSDC (1991).

Le degré de signification correspond à l'effet de la race des porcs sur les composés volatils du jambon : NS =  $p > 0,10$  ; X =  $p > 0,05$  ;

\* =  $0,05 > p > 0,01$ . Les valeurs médianes, minimales et maximales correspondent aux surfaces de chacun des pics chromatographiques (unités arbitraires d'abondance du courant ionique total  $\times 10^{-6}$ )

identifié les composés volatils du jambon sec. L'analyse montre que les substances pondéralement majoritaires dans les espaces de tête sont l'octane, le nonanal (odeur de rance), l'acide 3-méthylbutanoïque (odeur de pieds), l'hexanal (odeur de pomme verte) et l'octanal (odeur de gras).

Les mécanismes d'oxydation des lipides sont à l'origine des alcanes (pentane, hexane, heptane, octane, nonane, décane, undécane), des alcènes (1-octène), des aldéhydes (pentanal, hexanal, heptanal, octanal, nonanal, décanal, 2-heptenal, 2-nonanal), des alcools (pentanol, 1-pentène-3-ol, 1-octène-3-ol) et de la 2-heptanone.

Des substances telles que la 2,3-butanedione (ou diacétyle) ou la 3-hydroxy-2-butanone (acétoïne) sont issues de la dégradation du glycogène.

Dans les produits de salaison, les aldéhydes, les alcools et les acides carboxyliques ramifiés à courte chaîne sont principalement formés lors du catabolisme des acides aminés ramifiés tels que la leucine ou l'isoleucine (MAC LEOD et MORGAN, 1956). Les aldéhydes ramifiés à courte chaîne peuvent également provenir de réactions purement chimiques de dégradation des acides aminés, telles que les mécanismes de Strecker (MOTTRAM, 1992), qui mettent en jeu un acide aminé et un composé dicarboxylé. Celui-ci sera souvent la 2,3-butanedione. Les acides aminés tels que la cystine ou la cystéine sont les précurseurs probables du diméthylsulfide (WASSERMAN, 1979).

La présence de la 2,6-diméthylpyrazine est probablement attribuable à des réactions de Maillard entre glucides résiduels, acides aminés et produits d'oxydation des lipides (VENTAÑAS et al., 1992).

Un grand nombre d'alcane ramifiés et de composés benzéniques ont été extraits en faibles quantités. Leur structure n'a pas pu être précisée davantage par spectrométrie de masse. Une origine alimentaire est cependant envisageable car ces composés sont rencontrés avec une grande diversité dans les végétaux. Les hydrocarbures benzéniques comme les isomères du xylène sont déjà présents en quantité relativement importante dans les viandes crues de porc (BUSCAILHON et al., 1993 ; VIALON et al., 1992).

L'analyse de la variance (tableau 1) montre que seulement 9 composés volatils sur 42 extraits sont significativement influencés ( $0.01 < p < 0.10$ ) par le type génétique des porcs. Ces résultats confirment des travaux antérieurs (BERDAGUÉ et al., 1993) qui avaient déjà démontré l'effet limité du type génétique des animaux sur la composition de la fraction volatile du jambon sec. Ainsi, seules les désorbitions de 2,3-butanedione, de 2,6-diméthylpyrazine, de 3-hydroxy-2-butanone, et d'acide 2-méthylbutanoïque sont supérieures dans les jambons LWxLF tandis que les jambons GxG se caractérisent par des désorbitions plus fortes de produits d'oxydation des lipides : pentanol, hexanal, heptanal et undécane (tableau 1). Indépendamment de la petite taille de l'échantillon, l'effet limité de la race peut être attribuable à la grande variabilité individuelle liée en partie à l'étendue

des poids à l'abattage (105 à 145 kg), mais également aux potentiels enzymatiques tissulaires de chaque animal.

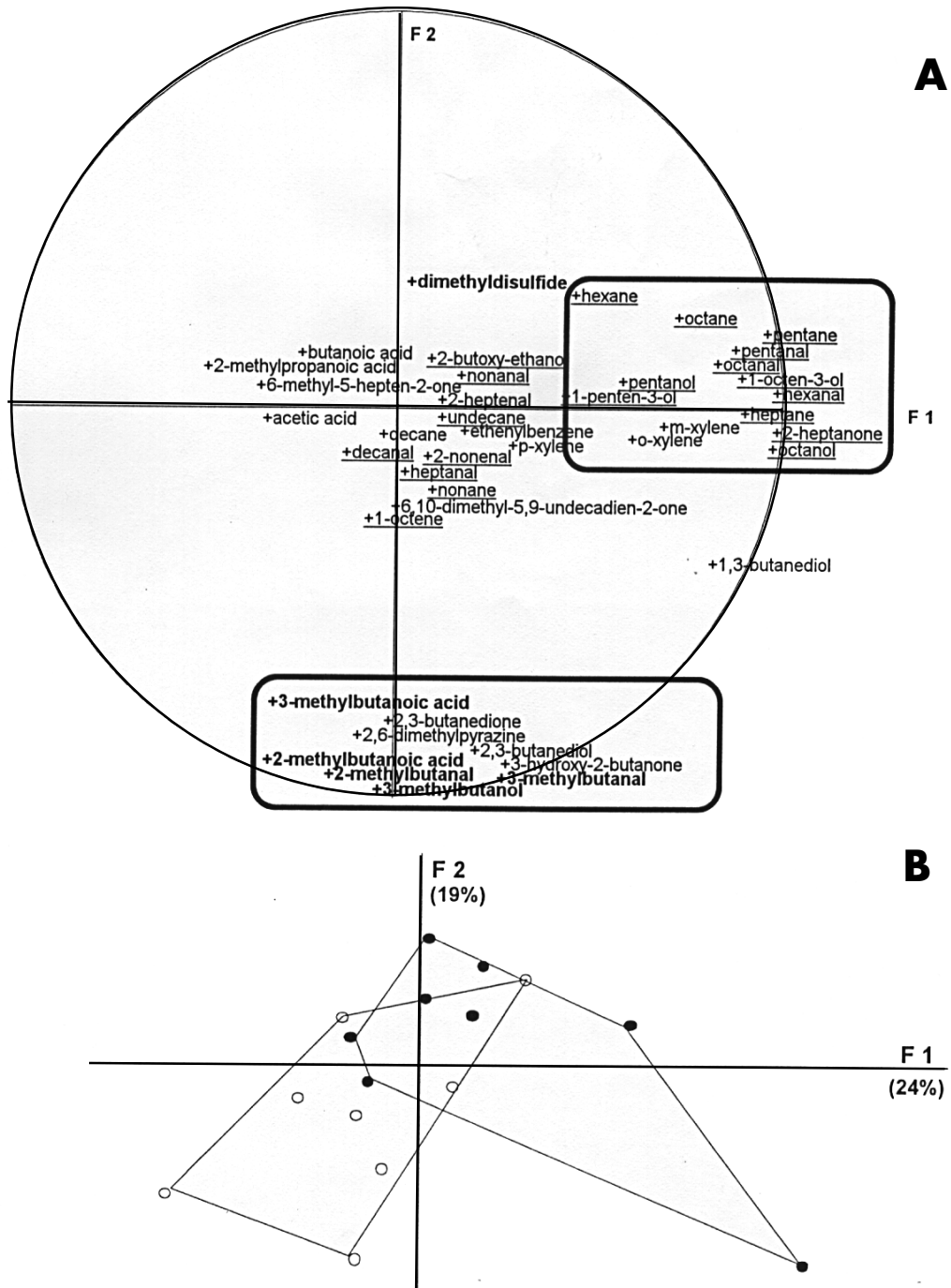
Le plan principal de l'ACP qui condense 45% de la variance des données (figure 1B) montre que les deux races de porcs étudiées ne se distinguent pas clairement ; ce qui confirme les résultats de l'analyse de la variance. L'étude des relations entre les variables analytiques (figure 1A) permet cependant de classer les substances volatiles en deux groupes indépendants.

- Le premier groupe, corrélé à l'axe 1 est constitué par des molécules typiques pour la plupart de l'oxydation des lipides telles que les alcanes, les aldéhydes, les alcools, les méthylcétones. Cet axe, bien que ne permettant pas de distinguer clairement les jambons des deux types génétiques sur un critère « oxydation des acides gras », suggère malgré tout une légère tendance des jambons gascons à désorber davantage de composés volatils issus de la dégradation des lipides. Ces résultats sont à rapprocher de l'état d'engraissement et des teneurs en lipides supérieurs observés dans les muscles des porcs de race gasconne (LEGAULT et al., 1996 ; SIMON et al., 1996).
- Le deuxième groupe, corrélé à l'axe 2 est essentiellement constitué par des produits caractéristiques du catabolisme des acides aminés : acides, aldéhydes et alcools ramifiés à courte chaîne ainsi que par la 2,3-butanedione, la 3-hydroxy-2-butanone et par la 2,6-diméthylpyrazine. Les désorbitions plus importantes en 2,3-butanedione et en 3-hydroxy-2-butanone dans les jambons issus de porcs LW x LF peuvent s'expliquer par leur proportion plus élevée en tissus musculaires (LEGAULT et al., 1996), donc associées à des teneurs en glycogène plus élevées. Les désorbitions plus importantes de substances issues du catabolisme des acides aminés peuvent également avoir pour origine la présence d'une masse musculaire et donc d'un pool protéique plus important.

Pour des porcs élevés et alimentés de façon identique, le faible impact du type génétique sur la fraction volatile des jambons secs est en accord avec l'effet limité observé sur les caractéristiques aromatiques et gustatives des jambons secs (ROUSSET et al., 1990 ; BERDAGUÉ et al., 1993 ; GOU et al., 1995 ; SIMON et al., 1997). Selon ces auteurs, seuls la texture et l'aspect visuel des jambons sont nettement influencés par la race des porcs. L'analyse détaillée des travaux de SIMON et al. (1997) effectués sur les animaux de notre étude montre cependant que les jambons produits à partir des porcs Gascons ont des caractéristiques aromatiques légèrement plus intenses que ceux produits à partir des porcs LW x LF. Ces différences ne sont néanmoins pas significatives ( $p < 0.05$ ).

Il convient cependant de rappeler que l'expérimentation avait pour objectif premier de tester l'incidence du type génétique sur la composition et sur la qualité des jambons secs. A cette fin, tous les animaux ont été élevés en porche-

**Figure 1** - Analyse en composantes principales des 42 composés volatils du jambon sec



**A** = Cercle de corrélations ) les variables soulignées proviennent de l'oxydation des lipides tandis que les variables en gras proviennent majoritairement du catabolisme des acides aminés.

**B** = Plan des individus - les jambons représentés par le symbole o sont issus des porcs de génotype Large White x Landrace Français et les jambons figurés par le symbole • sont issus des croisements Gascon x Gascon



rie avec une alimentation de type « porc fermier ». Les conditions retenues s'éloignent beaucoup de celles utilisées lors de l'élevage traditionnel des porcs Gascons, assorti d'un âge et d'un poids à l'abattage plus élevés sur lesquels repose sa réputation de qualité. D'autre part, les recherches en cours dans le domaine de la flaveur du jambon sec montrent que l'effet de la technologie de fabrication est toujours prépondérant par rapport aux autres facteurs de la filière. Ainsi de faibles variations technologiques non contrôlées expérimentalement sont susceptibles de masquer des effets comme celui du type génétique des animaux.

## CONCLUSION

Aucun composé volatil caractéristique des races étudiées (en termes de présence ou d'absence d'une molécule spécifique) n'a pu être mis en évidence par analyse chromatographique de la fraction volatile des jambons, ce qui confirme les recherches antérieures sur ce sujet. Les différences de composition observées au niveau de la fraction volatile de jambons produits à partir d'animaux de races différentes n'affectent qu'un nombre limité de substances classiquement rencontrées dans tous les produits de salaison.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERDAGUÉ J. L., BONNAUD N., ROUSSET S., TOURAILLE C., 1993. *Meat Sci.*, 34, 119-129.
- BERDAGUÉ J. L., DENOYER C., LE QUÉRÉ J. L., SEMON E., 1991. *J. Agric. Food Chem.*, 39, 1257-1261.
- BUSCAILHON S., BERDAGUÉ J. L., MONIN G., 1993. *J. Sci. Food Agric.*, 63, 69-75.
- GARCIA C., BERDAGUÉ J. L., ANTEQUERA T., LOPEZ-BOTE C., CORDOBA J. J., VENTANAS J., 1991. *Food Chem.*, 41, 23-32.
- GOU P., GUERRERO L., ARNAU J., 1995. *Meat Sci.*, 40, 21-31.
- HINRICHSEN L. L., PEDERSEN S. B., 1995. *J. Agric. Food Chem.*, 43, 2932-2940.
- KONDOYAN N., BERDAGUÉ J. L., 1996. "A compilation of relative retention indices for the analysis of volatile compounds", Clermont-Ferrand.
- LEGAULT C., AUDIOT A., DARIDAN D., GRUAND J., LAGANT H., LUQUET M., MOLÉNAT M., ROUZADE D., SIMON M. N., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 115-122.
- MAC LEOD P., MORGAN M. E., 1956. *Journal of Dairy Science*, 117, 843-852.
- MOTTRAM D. S., 1992. *Meat Focus International*, 1, 87-93.
- NIST/EPA/MSDC, 1991. Ver. 3.0, Hewlett-Packard, U.S.A.
- ROUSSET S., SCHLICH P., TOURAILLE C., 1990. *V.P.C.*, 11, 317-318.
- SIMON M. N., SEGOVIANO V., DURAND L., LIARDOU M. H., JIUN H., GANDEMER G., LEGAULT C., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 123-130.
- SIMON M. N., JACQUIN M. P., LIARDOU M. H., BERDAGUÉ J. L., LEGAULT C., DARIDAN D., 1997. *Journées Rech. Porcine en France*, 397-404.
- STATBOX, 1996. pour Microsoft Excel éd., 34 bis rue de Dunkerque, 75010 Paris, France.
- TRANCHANT J., 1982. In «Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse.». Masson éd., Paris, pp. 504.
- VENTAÑAS J., CORDOBA J. J., ANTEQUERA T., GARCIA C., LÓPEZ-BOTE C., ASENSIO M. A., 1992. *J. Food Sci.*, 57, 813-815.
- VIALON C., BERDAGUÉ J. L., DENOYER C., TRAN N., BONNEAU M., LE DENMAT M., 1992. "Analysis of volatile components from bakfat of pig and relations with androstenone content" 38th International Congress of Meat Sci. and Technol., Vol. 5, Clermont-Ferrand, pp. 987-990.
- WASSERMAN A. E., 1979. *J. Food Sci.*, 44, 6-11.