

La castration des porcelets et ses alternatives

Environ 80% des porcelets mâles de l'UE sont castrés (EFSA, 2004), ce qui équivaut approximativement à 100 millions de porcelets castrés chaque année, généralement sans anesthésie ou analgésie (Fredriksen et al., 2009). Le but premier de castrer les porcelets mâles est de réduire l'odeur « de verrat » de la viande (Prunier et al., 2005), même si des bénéfices secondaires importants incluent une réduction de l'agressivité et des comportements sexuels tels que la monte, qui augmentent à la puberté chez les mâles entiers (Zamaratskaia et al., 2009). L'agressivité et les comportements sexuels amplifient les risques de blessures, telles que les lésions résultant de combats et les boiteries (Fabrega et al., 2010 ; Rydhmer et al., 2010), et entraînent donc une détérioration du bien-être des porcs (FVE, 2009). Cette agressivité et ces comportements présentent également des risques accrus pour les éleveurs.

L'élevage de porcs abattus avant maturité sexuelle

Au Royaume-Uni et en Irlande, ainsi dans une certaine mesure qu'en Espagne, au Portugal et en Grèce, les porcs sont abattus à un poids d'environ 110kg, ou à un âge antérieur à la maturité sexuelle (Fredriksen et al., 2009). Ceci rend la castration inutile puisque les comportements sexuels agressifs et les substances chimiques principalement responsables de l'odeur sexuelle ne se manifestent pas en grandes quantités avant la période péri- et post-pubertaire (Dunshea et al., 2001). Certains comportements agressifs et sexuels peuvent tout de même être présents chez ces porcs, mais il est possible de mettre en place des stratégies pour atténuer ces comportements, et nous les aborderons par la suite.

L'élevage de porcs lourds pour l'abattage

Dans de nombreux pays, les découpes de viande privilégiées par les consommateurs exigent que les porcs soient abattus à un poids plus élevé (120kg+ – post-puberté). Certaines viandes continentales comme le jambon de Parme demandent une plus grande teneur en graisse, qui ne peut être atteinte qu'en abattant les mâles à un poids minimum de 140kg (Consortium du Jambon de Parme, 2011). Ceci entraîne un risque accru d'odeur de verrat et de comportements agressifs et sexuels, qui suscitent des préoccupations légitimes en termes de bien-être animal ; l'élevage de ces mâles intacts n'est pas forcément toujours approprié et il est nécessaire d'y rechercher des alternatives.

La castration chirurgicale

La castration chirurgicale est douloureuse (Hay et al., 2003 ; Prunier et al., 2006 ; Leidig et al., 2009 ; von Borell et al., 2009) et la Fédération des vétérinaires d'Europe (FVE) recommande que « *dès que possible, la pratique de la castration des porcelets [soit] éliminée* ». Des études montrent que les porcelets réagissent à la castration chirurgicale par des vocalisations spécifiques (Puppe et al., 2005 ; Leidig et al., 2009 ; von Borell et al., 2009) et des comportements (Hay et al., 2003) révélateurs de douleur. Dans les heures qui suivent la castration, les porcelets peuvent être plus inactifs et faire preuve d'une réduction de l'activité à la mamelle, alors que les comportements tels que les tremblements, l'entassement, le grattage de l'arrière-train et la raideur peuvent durer plusieurs jours (Hay et al., 2003 ; Moya et al., 2008). Des indicateurs physiologiques de stress, tels que des

taux accrus de cortisol, d'hormone adrénocorticotrope (ACTH) et de lactate, interviennent également suite à la castration (Prunier et al., 2005).

L'atténuation de la douleur et du stress liés à la castration

Lorsque « la castration chirurgicale ne peut être évitée » (Prunier et al., 2005), la douleur et le stress ressentis pendant la castration chirurgicale peuvent être atténués au moyen d'analgésiques et d'anesthésiants locaux ou généraux (EFSA, 2004 ; Prunier et al., 2005 ; Prunier et al., 2006). Cependant, le coût et le temps supplémentaires relatifs à leur administration expliquent que ces possibilités soient rarement envisagées (Fredriksen et al., 2009).

L'efficacité de nombreux anesthésiants suscite des débats, dans la mesure où ils peuvent ajouter un stress supplémentaire à la procédure en augmentant la nécessité de manipulation (Leidig et al., 2009) ainsi qu'une douleur ou une réaction défavorable induite par l'anesthésiant lui-même (von Borell et al., 2009). Utilisé comme anesthésiant, le dioxyde de carbone est connu pour entraîner une perte de conscience rapide, mais provoque une forte réaction d'aversion chez les porcelets, réaction qui dure jusqu'à la perte de conscience (Rodriguez et al., 2008). L'isoflurane est un anesthésiant efficace, mais ne semble pas éliminer la douleur (Giersing et al., 2006).

Dans son rapport de 2004, l'EFSA recommande que des anesthésiants locaux plus des analgésiques soient utilisés pour la castration des porcelets. L'anesthésiant local lidocaïne est considéré comme étant efficace, mais doit être injecté directement dans les testicules, ce qui peut entraîner de la douleur et du stress. Cependant, les réactions cardiovasculaires et EEG prouvent que l'injection est beaucoup moins douloureuse que la castration sans anesthésie (Haga and Ranheim, 2005). Leidig et al. (2009) ont montré que la procaïne réduisait la réaction de stress à la castration, mais pas complètement, ce qui indique qu'il faudrait utiliser les anesthésiants locaux en combinaison avec des analgésiques pour atteindre un maximum d'efficacité.

Il a été prouvé que les analgésiques méloxicam et flunixin réduisent tous deux les indicateurs comportementaux et physiologiques de douleur et de stress lorsqu'ils sont administrés en pré-opératoire (Langhoff et al., 2009 ; Keita et al., 2010). Les bénéfices d'un tel traitement analgésique sont manifestes à quatre heures post-castration (Langhoff et al., 2009 ; Keita et al., 2010), mais ont diminué à 24 heures (Keita et al., 2010). Les analgésiques peuvent donc atténuer certains des effets post-opératoires de la castration, mais seulement pendant une durée limitée, et il convient de rechercher un traitement analgésique prolongé (Prunier et al., 2005).

Les alternatives à la castration

« Les alternatives à la castration chirurgicale peuvent améliorer le bien-être des porcelets de manière significative » (de Roest et al., 2009)

Stratégies de gestion et d'alimentation pour réduire l'odeur sexuelle et l'agressivité chez les mâles entiers

L'odeur sexuelle est causée principalement par les molécules d'androsténone, de scatole et, dans une moindre mesure, d'indole. Le taux de scatole peut être contrôlé en grande partie en maintenant les porcs propres et par le biais de leur alimentation (Giersing et al., 2006 ; Lungström and Zamaratskaia, 2006). Inclusion de l'amidon cru de pomme de terre dans l'alimentation permet de réduire les taux de scatole dans la graisse et le plasma des mâles entiers (Zamaratskaia et al., 2005),

chez les verrats castrés (Claus et al., 2003) et dans le foie des porcs (Zamaratskaia et al., 2006), et les régimes riches en fibres ont donné de bons résultats (Hansen et al., 2008). Cependant, il est important de maintenir des régimes alimentaires équilibrés qui ne compromettent pas la santé et le bien-être des animaux. Pour rester propres, les porcs ont besoin d'enclos bien drainés comprenant des aires de repos et de déjection distinctes, et il faut que leur litière soit gardée propre et sèche. Giersing et al. (2006) recommandent de fournir des douches aux porcs afin d'éviter qu'ils se vautrent dans leurs excréments, ce qui peut conduire à une absorption de scatole à travers la peau.

La domination et l'agressivité sont liées à une élévation des taux d'androsténone, et à son tour la forte incidence de combats et d'agressivité peut accroître les taux d'androsténone (Giersing et al., 2006). Il est important d'adapter la conception des enclos et la conduite des lots afin de réduire les contacts agressifs entre porcs. Il convient d'accorder une attention particulière à ce que les mâles entiers soient élevés dans les mêmes groupes de la naissance à l'abattage, sans remaniement (y compris pendant le transport et le parage), et de veiller à ce que leur soient fournies davantage de ressources (surface d'alimentation, matériaux d'enrichissement et espace) afin de réduire les interactions agressives.

La détection des carcasses odorantes sur la chaîne d'abattage

Comme l'odeur n'est détectée qu'à la cuisson, il est possible d'utiliser ces carcasses odorantes dans les produits carnés cuits (tels que les jambons cuits, les viandes cuites et les saucisses cuites) et pour les viandes qui se servent froides (Squires, 2010), pourvu qu'elles puissent être isolées et retirées de la chaîne d'abattage. Pour détecter les carcasses odorantes sur la chaîne d'abattage, il existe plusieurs méthodes, dont des méthodes de tri sensorielles ("nez humain") et chimiques/biochimiques (parfois automatisées), bien qu'il n'existe actuellement pas de méthode universellement admise au sein de l'UE (EFSA, 2004).

Une méthode de détection du scatole dans la bardière a été développée au Danemark et utilisée pendant toutes les années 90. Cette méthode donnait des résultats en 20 minutes environ et aboutissait à un taux de rejet de carcasses de 4 à 6% (Stoier et al., 2010). Mais certains marchés refusent d'accepter la viande triée sur la seule base du scatole (Stoier et al., 2010) et requièrent une méthode qui détecte l'ensemble des trois molécules (Schäfer et al., 2011), qui plus est à des concentrations basses (Wäckers et al., 2011). Les méthodes olfactométriques humaines utilisant des jurys formés permettent de détecter plusieurs molécules, mais il existe des différences importantes entre les protocoles des diverses méthodes (Haugen, 2009) et des écarts entre leurs résultats (Heres et al., 2011 ; Haugen, 2009). Les méthodes chromatographiques et immunologiques détectent à la fois le scatole et l'androsténone mais peuvent présenter des incohérences similaires aux résultats des tests sensoriels (Haugen, 2009). Le développement du « nez électronique » automatisé est prometteur, avec des résultats montrant une bonne sensibilité et une bonne corrélation avec les jurys sensoriels humains (Lungstrom and Zamaratskaia, 2006), mais pour le moment ces méthodes sont onéreuses, demandent du temps et peuvent produire un taux élevé de faux négatifs (Wäckers et al., 2011 ; Haugen, 2009). A l'avenir, la détection automatisée constituera peut-être une méthode fiable et efficace pour détecter l'odeur de verrot et éliminera peut-être complètement le besoin de recourir à la castration. Cependant, jusqu'à ce que soit développée une méthode fiable et acceptable par l'ensemble des industries et des marchés, il faudra peut-être rechercher d'autres alternatives.

La sélection génétique contre l'odeur sexuelle

La sélection génétique contre les deux substances chimiques principalement responsables de l'odeur sexuelle, l'androsténone et le scatole, pourrait, selon Merks et al. (2009), « rendre la castration inutile ». On estime qu'une forte sélection contre l'androsténone et le scatole parvient à éliminer l'odeur sexuelle sur seulement quatre générations (Merks et al., 2009) et plusieurs gènes candidats ont été identifiés (Squires and Schenkel, 2010). Il est jugé peu probable que ce type de sélection affecte les caractères de production (Merks et al., 2009 ; Squires and Schenkel, 2010).

Alors que la sélection génétique constituerait une issue favorable en termes de qualité de la viande, elle n'apportera vraisemblablement de solution au problème qu'à plus long terme (Squires and Schenkel, 2010), puisqu'on estime qu'elle prendra 5 à 10 ans avec la technologie d'aujourd'hui (Backus et al., 2008). Il faudrait également employer des stratégies visant à réduire l'agressivité parmi les mâles.

L'élevage exclusif de femelles

L'élevage de lots constitués exclusivement de femelles demanderait de pouvoir sexer fiablement la semence de verrat en grandes quantités. Actuellement, la disponibilité de semence triée est trop faible pour la production porcine commerciale (von Borell et al., 2009), et alors qu'on sait efficacement trier, congeler et décongeler la semence pour produire une qualité de sperme satisfaisante post-décongélation, on rencontre des difficultés quant au maintien de la gestation (Rath and Johnson, 2008). Il peut également y avoir une augmentation des risques de douleur et d'inconfort pour les truies pendant l'insémination, étant donné que l'utilisation de semence sexée implique une technique d'insémination intra-utérine profonde plus invasive que les méthodes d'insémination artificielle plus traditionnelles (Giersing et al., 2006).

La vaccination pour retarder la puberté

Improvac, un vaccin contre l'hormone mâle GnRH, a récemment été agréé dans l'UE. Ce vaccin permet de produire des mâles lourds sans risque d'odeur sexuelle (Dunshea et al., 2001) et nécessite deux injections à au moins quatre semaines d'intervalle, à la base de l'oreille, pour empêcher le développement des testicules. Les avantages de la vaccination sont semblables à ceux de l'élevage de mâles entiers jusqu'à la seconde injection : meilleure prise de poids, meilleure conversion alimentaire et carcasses plus maigres (Morales et al., 2010). Après la deuxième injection, les bénéfices sont semblables à ceux de l'élevage de castrats : moins d'agressivité et de comportements sexuels et une réduction du risque d'odeur de verrat (Zamaratskaia et al., 2008 ; Baumgartner et al., 2010).

Des études ont montré que les porcs vaccinés manifestent moins de comportements agressifs, montent moins leurs congénères (Fabrega et al., 2010) et ne présentent pas de lésions cutanées par comparaison avec les mâles entiers (Rydhmer et al., 2010), offrant ainsi un avantage en termes de bien-être. Baumgartner et al. (2010) concluent dans leur étude sur la vaccination que « *Du point de vue du bien-être animal la vaccination GnRH des verrats est bénéfique (...) parce qu'elle évite la douleur et le stress* » et « *n'augmente pas l'incidence des problèmes comportementaux pendant la période d'engraissement* ».

Une source de préoccupation en termes de bien-être animal reste le stress et le traumatisme liés à la manipulation des animaux (capture, immobilisation et injection). Une bonne manipulation minimise

le stress induit par la procédure (Giersing et al., 2006), et étant donné que le vaccin Improvac est une préparation aqueuse il produit peu de réaction au niveau du point d'injection (Dunshea et al., 2001) ; des études récentes n'ont révélé l'apparition d'inflammation que chez 6% des individus vaccinés (Einarsson, 2006).

La qualité de la viande produite par les porcs vaccinés ne diffère pas de celle de la viande produite soit par les femelles soit par les mâles castrés (Gispert et al., 2010 ; Morales et al., 2010) et les consommateurs acceptent mieux la viande des porcs vaccinés que celle des mâles entiers (Font i Furnols et al., 2008). Tandis que la qualité de la viande est bonne, certains consommateurs et producteurs peuvent s'inquiéter d'éventuels problèmes de santé et de sécurité relatifs à l'utilisation du vaccin (Van Beirendonck et al., 2010), bien que les risques réels pour la santé et la sécurité humaine soient minimes parce que a) le vaccin a presque entièrement disparu du porc avant l'abattage, b) il n'est effectif que lorsqu'il est injecté dans le sang et c) il faudrait qu'un éleveur se pique accidentellement à deux reprises pour se rendre temporairement stérile (Backus et al., 2008). Une étude récente auprès des consommateurs belges a montré que « *l'immunocastration n'apparaît pas comme un problème en termes d'acceptation par les consommateurs* » (Vanhonacker et al., 2009).

Références

- Baumgartner, J., Laister, S., Koller, M., Pfützner, A., Grodzycki, M., Andrews, S. And Schmoll, F. (2010) The behaviour of male fattening pigs following either surgical castration or vaccination with a GnRH vaccine, *Applied Animal Behaviour Science*, **124**: 28-34
- Claus, R., Losel, D., Lacorn, M., Mentschel, J. and Schenkel, H. (2003) Effects of butyrate on apoptosis in the pig colon and its consequences for skatole formation and tissue accumulation, *Journal of Animal Science*, **81**: 239-248
- Consortium of Parma Ham (2011) The Pigs, <http://www.prosciuttodiparma.com/eng/info/pigs/> (accessed 09/01/12)
- De Roest, K., Montanari, C., Fowler, T. And Baltussen, W. (2009) Resource efficiency and economic implications of alternatives to surgical castration without anaesthesia, *Animal*, **3**: 1522-1531
- Dunshea, F. R., Colantoni, C., Howard, K., McCauley, I., Jackson, P., Long, K. A., Lopaticki, S., Nugent, E. A., Simons, J. A., Walker, J. and Hennessy, D. P. (2001) Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance, *Journal of Animal Science*, **79**: 2524-2535
- EFSA (European Food Safety Authority) (2004) Opinion of the Scientific Panel for Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of the castration of piglets, *The EFSA journal*, **91**: 1-18
- Einarsson, S. (2006) Vaccination against GnRH: pros and cons, *Acta Veterinaria Scandinavica*, **48 (Suppl 1)**: S10
- Fabréga, E., Velarde, A., Cros, J., Gispert, M., Suárez, P., Tibau, J. and Soler, J. (2010) Effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using Improvac, on growth performance, body composition, behaviour and acute phase proteins, *Livestock Science*, **132**: 53-59
- Federation of Veterinarians of Europe (2009) Pig Castration Position Paper FVE/09/040 http://www.fve.org/news/position_papers/animal_welfare/fve_09_040_castration_pigs_2009.pdf (accessed 09/01/12)
- Font i Furnols, M., Gispert, M., Guerre, L., Velarde, A., Tibau, J., Soler, J., Hortós, M., Garcia-Regueiro, J. A., Pérez, J., Suarez, P. and Oliver, M. A. (2008) Consumers' sensory acceptability of pork from immunocastrated male pigs, *Meat science*, **80**: 1031-1018
- Fredriksen, B., Font i Furnols, M., Lundström, K., Migdal, W., Prunier, A., Tuyttens, F. A. M. and Bonneau, M (2009) Practice on castration of piglets in Europe, *Animal*, **3**: 1480-1487
- Giersing, M., Ladewig, J. and Forkman, B. (2006), Animal welfare Aspects of Preventing Boar Taint, *Acta Veterinaria Scandinavica*, **48**: doi:10.1186/1751-0147-48-S1-S3

- Gispert, M., Oliver, M. A., Velarde, A., Suarez, P., Pérez, J and Font i Furnols, M. (2010) Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs, *Meat Science*, **85**: 664-670
- Haga, H. A. and Ranheim, B. (2005) Castration of piglets: the analgesic effects of intramuscular and intrafunicular lidocaine injection, *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, **32**: 1-9
- Hansen, L.L., Stolzenbach, S., Jensen, J.A., Henckel, P., Hansen-Møller, J., Syriopoulos, K. and Byrne, D.V. (2008) Effects of fermentable fibre-rich feedstuffs on meat quality with emphasis on chemical and sensory boar taint in entire male and female pigs, *Meat Science*, **80**: 1165-1173
- Haugen, J.E. (2006) The use of chemical sensor array technology, the electronic nose, for detection of boar taint, *Acta Veterinaria Scandinavica*, **48(suppl 1)**: S15
- Hay, M., Vulin, A., Génin, S., Sales, P. and Prunier, A. (2003) Assessment of pain induced by castration in piglets: behavioural and physiological responses over the subsequent 5 days, *Applied Animal Behaviour Science*, **82**: 201-218
- Heres, L., Mulder, H.A., Knol, E.F., Bloemhof, S., Ten Napel, J., van der Fels, B. and Mathur, P.K. (2011) *A human nose scoring system for boar taint and its implications for detection in a slaughterline*, presented at Boars Heading for 2018, Amsterdam, November, 2011
- Keita, A., Pajor, E., Prunier, A. and Guidarini, C. (2010) Pre-emptive meloxicam for postoperative analgesia in piglets undergoing surgical castration, *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, **37**: 367-374
- Langhoff, R., Zöls, S., Barz, A., Ritzmann, M. and Heinritz, K. (2009) Investigation about the use of analgesics for the reduction of castration-induced pain in suckling piglets, *Berl Munch Tierarztl Wochenschr*, **122**: 325-323, Abstract only. Available through NCBI <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19863002> (accessed 09/01/12)
- Leidig, M. S., Hertkamp, B., Failing, K., Schumann, A. and Reiner, G. (2009) Pain and discomfort in male piglets during surgical castration with and without local anaesthesia as determined by vocalisation and defence behaviour, *Applied Animal Behaviour Science*, **116**: 174-178
- Merks, J. W. M., Hanenberg, E. H. A. T., Bloemhof, S. and Knol, E. F. (2009) Genetic opportunities for pork production without castration, *Animal Welfare*, **18**: 539-544
- Morales, J., Gispert, M., Hortos, M., Perez, J., Suarez, P. and Pineiro, C. (2010) Evaluation of production performance and carcass quality characteristics of boars immunised against gonadotropin-releasing hormone (GnRH) compared with physically castrated male, entire male and female pigs, *Spanish Journal of Agricultural Research*, **8**: 599-606
- Moya, S. L., Boyle, L. A. and Lynch, P. B., Arkins, S (2008) Effect of surgical castration on the behavioural and acute phase responses of 5-day-old piglets. *Applied Animal Behaviour Science*, **111**: 133-145.
- Prunier, A., Bonneau, M., von Borell, E. H., Cinotti, S., Gunn, M., Fredriksen, B., Giersing, M., Morton, D. B., Tuytens, F. A. M. and Velarde, A. (2006) A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods, *Animal Welfare*, **15**: 277-289
- Prunier, A., Mournier, A. M. and Hay, M. (2005) Effects of castration, tooth resection, or tail docking on plasma metabolite and stress hormones in young pigs, *Journal of Animal Science*, **83**: 216-222
- Puppe, B., Schon, P. C., Tuchscherer, A. and Manteuffel, G. (2005) Castration-induced vocalisation in domestic piglets, *Sus scrofa*: Complex and specific alterations of the vocal quality. *Applied Animal Behaviour Science*, **95**: 67-78.
- Rath, D. and Johnson, L. A. (2008) Application and Commercialization of Flow Cytometrically Sex-Sorted Semen, *Reproduction in Domestic Animals*, **43**: 338-346
- Rodriguez, P., Dalmau, P., Ruiz-de-la-Torre, J. L., Manteca, X., Jensen, E. W., Rodriguez, B., Litvan, H. and Velarde, A. (2008) Assessment of unconsciousness during carbon dioxide stunning in pigs, *Animal Welfare*, **17**: 341-349
- Rydhmer, L., Lundström, K. and Andersson, K. (2010) Immunocastration reduces aggressive and sexual behaviour in male pigs, *Animal*, **4**: 965-972
- Squires, E.J. (2010) *Applied Animal Endocrinology*. 2nd ed. Oxford: CABI
- Squires, E. J. and Schenkel, F. S. (2010) *Managing Boar Taint: Focus on Genetic Markers*, presented at the London Swine Conference – Focus on the Future, London, April, 2010
- Stoier, S. (2010) *Ban of castration: product quality matters*, presented at the 61st Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Heraklion, August 2010
- Thomsen, L. R., Nielsen, B. L. and Larsen, O. N. (2010) Implications of food patch distribution on social foraging in domestic pigs (*Sus scrofa*), *Applied Animal Behaviour Science*, **122**: 111-118
- Vanhonacker, F., Verbeke, W. and Tuytens, F. A. M. (2009) Belgian consumers' attitudes towards surgical castration and immunocastration of piglets, *Animal Welfare*, **18**: 371-380

- Van Beirendonk et al (2010) *Consumer opinion on alternatives for unanaesthetised piglet castration*, presented at the 61st Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, Heraklion, August, 2010
- Von Borell, E., Baumgartner, J., Giersing, M., Jäggin, N., Prunier, A., Tuyttens, F. A. M. and Edwards, S. A. (2009) Animal welfare implication of surgical castration and its alternative in pigs, *Animal*, **3**: 1488-1496
- Wäckers, F., Olson, D., Rains, G., Lundby, F. and Haugen, J.E. (2011) Boar taint detection using parasitoid biosensors, *Journal of Food Science*, **76**: S41-47
- Zamaratskaia, G., Rydhmer, L., Andersson, H. K., Chen, G., Lowagie, S., Andersson, K. and Lundström, K. (2008) Long-term effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using Improvac, on hormonal profile and behaviour of male fattening pigs, *Animal Production Science*, **108**: 37-48
- Zamaratskaia, G., Babol, J., Andersson, H. K., Andersson, K. and Lundstrom, K. (2005) Effect of live weight and dietary supplement of raw potato starch on the levels of skatole, androstenone, testosterone and oestrone sulphate in entire male pigs, *Livestock Production Science*, **93**: 235-243
- Zamaratskaia, G., Chen, G. and Lundstrom, K. (2006) Effects of sex, weight, diet and hCG administration on levels of skatole and indole in the liver and hepatic activities of cytochromes P4502E1 and P4502A6 in pigs, *Meat Science*, **72**: 331-338