

Etude bibliographique sur la qualité technologique de la viande de mâle entier

Etat de l'art de la qualité technologique de la viande de mâle entier par rapport à la viande de mâle castré chirurgicalement et à la viande de femelle

Mots clés : porc, mâles, castration, femelle, déstructuration, jambon

Auteurs : Pierrick Girard ¹, Antoine Vautier ¹

¹ adresse : 5, rue Lespagnol, 75020 Paris

Coordonnées de l'auteur correspondant : antoine.vautier@ifip.asso.fr

L'analyse de 40 études bibliographiques traitant de la qualité de la viande du mâle entier (ME) montre que le passage de la production de mâle castré à la production de mâle entier affecterait très peu les propriétés de la viande.

Résumé

L'analyse bibliographique de quarante études traitant de la qualité de la viande du mâle entier (ME) montre que le passage de la production de mâle castré à la production de mâle entier affecterait très peu les propriétés de la viande. La grande majorité des articles concluent sur une équivalence au niveau des principaux indicateurs de qualité de viande tels que le pH1, le pHu et la couleur (L*, a*, b*) entre les viandes de mâle entier, mâle castré et femelle. En revanche, pour deux critères de qualité de viande que sont les pertes d'exsudat et les pertes à la cuisson dans les muscles de la longe, les résultats sont plus contrastés avec parfois une dégradation de ces critères pour les porcs mâles entiers. Ces doutes pourraient être levés avec la mise au point d'un protocole de comparaison dédié dont les effectifs seraient adaptés en fonction des besoins de puissance statistique pour ce type de données (exsudat, pertes à la cuisson, texture après cuisson). Les données manquent également dans la bibliographie internationale concernant la fréquence de déstructuration des jambons.

Abstract: Literature review on the technological quality of whole male meat

The analysis of forty studies on the quality of entire male (EM) meat shows that the transition from castrated male production to entire male production has very little effect on meat properties. The large majority of articles conclude that for meat quality indicators like pH1, pHu and color (L*, a*, b*) similar results were found between meat from entire male, castrated male and female. However, for two variables, exudate and cooking losses in loin muscles, a consensus does not seem to have been reached between the selected studies. These doubts could be removed by developing a dedicated comparison protocol, the sample size of which would be adapted according to the statistical power requirements for this type of data (exudate, cooking losses, texture after cooking). Data are also lacking in the international scientific literature concerning the frequency of PSE-like zone defect of ham.

I. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

En Europe, la castration chirurgicale des porcelets sans anesthésie est une préoccupation sociétale croissante mais elle est restée néanmoins une pratique courante en France jusqu'au 30/12/2021. A partir de cette date la castration ne peut se pratiquer que sous anesthésie, ce qui complique l'intervention et rend les alternatives plus intéressantes. Une des alternatives possibles pour éviter la castration est la production de mâles entier (non castrés). Cette alternative pose principalement problème à cause des odeurs de verrat (odeurs sexuelles) dégagées lors de la cuisson/transformation de la viande de mâle entier et qui sont jugées désagréables par le consommateur.

Cette étude ne traite pas des odeurs de verrat, son objectif est de faire un état de l'art de la qualité technologique de la viande de mâle entier par rapport à la viande de mâle castré chirurgicalement et à la viande de femelle.

Cette étude bibliographique a été réalisée à l'initiative d'INAPORC pour permettre d'identifier les conséquences possibles d'un éventuel abandon de la castration chirurgicale sur la qualité technologique de la viande (pH1, pH ultime, exsudat, pertes à la cuisson).

II. MATERIELS ET METHODES

II.1 Type de données collectées

Quarante études bibliographiques traitant de la qualité de la viande du mâle entier (ME) ont été utilisées pour cette synthèse parmi une centaine de références sélectionnées mais n'incluant pas toutes des résultats de qualité technologique. Chacune d'elle compare la viande de mâle entier avec celle de castrat,

et/ou de femelle pour au moins un des paramètres de qualité technologique de la viande. Certaines de ces études comportent une modalité de comparaison concernant les porcs immunocastrés. Ces données n'ont pas été traitées dans cette étude mais elles figurent en annexe du document.

II.2 Facteurs étudiés

La qualité technologique de la viande peut être définie par de très nombreux critères. Malgré tout, l'essentiel de ces critères montre une relation forte avec la capacité de rétention de la viande. La capacité de rétention en eau est en général évaluée par la mesure directe de l'exsudat et des pertes en cuisson. Ce sont des données fréquemment rapportées dans la bibliographie. Les variables explicatives de cette

capacité de rétention d'eau sont constituées principalement par les mesures de cinétique de chute du pH post mortem de la viande : pH1 et pH ultime. Pour cette étude bibliographique, nous avons suivi à la fois les données de cinétique de pH post mortem (pH1, pHu) et leurs conséquences sur la qualité technologique de la viande (couleur, exsudat, pertes à la cuisson, texture après cuisson).

II.3 Muscles étudiés

Pour l'ensemble des publications, les données traitent toutes du muscle *longissimus*. Cependant, quelques études ne se limitent pas à ce muscle et des données sont parfois rapportées pour les muscles du jambon (*semimembranosus* et *biceps femoris*). Au vu

de l'importance de secteur du jambon cuit en France et malgré le faible nombre de données (9 publications), les résultats seront toutefois présentés en fonction du muscle utilisé (longe ou jambon).

II.4 Sexes étudiés

Parmi les 40 articles de la base de données, 4 types sexuels sont étudiés : Mâle entier (ME), mâle chirurgicalement castré (C), mâle immunocastré (IC) et femelle entière (F). Au vu de la situation actuelle

(c.à.d. la question du passage de la production de mâle castré à la production de mâle entier), les comparaisons les plus attendues sont : ME-C, ME-F et C-F.

II.5 Représentativité des études et pondération

Les 40 études de cette synthèse bibliographique n'ont pas toutes comme objectif principal l'influence du type sexuel sur la qualité technologique de la viande. Certaines de ces données de qualité de viande sont des variables secondaires par rapport à l'objectif premier de l'étude. Par conséquent, certaines de ces études sont plus représentatives et/ou disposent de d'une puissance statistique plus importante que d'autres par rapport à la question de l'effet sexe sur la qualité de viande dans le contexte du cheptel français actuel. En fonction des écarts aux conditions de production françaises (génétique, âge à l'abattage) et

en s'appuyant sur d'autres critères de fiabilité (puissance statistique permise par les effectifs, méthode de mesure et leur cohérence), une pondération des études entre elles a été effectuée. Cette pondération a pour but de donner un coefficient (0, 1 ou 2) à chaque étude afin de garder et de mettre en évidence celles qui sont considérées comme les plus solides.

Cette notation a permis d'éliminer 11 études jugées trop peu fiables. Parmi les 29 études restantes, 11 se sont vu attribuer un coefficient 2 et 18 un coefficient 1 (Annexe 2).

II.6 Présentation des résultats

Les résultats prennent trois modalités en fonction de l'issue des tests statistiques avec un seuil de significativité fixé à $\alpha=5\%$:

- Non significatifs ($X=Y$) ($p \geq 0,05$)
- $X > Y$ ($p < 0,05$)
- $X < Y$ ($p < 0,05$)

Pour chaque modalité, un score est donc calculé en fonction du résultat de chaque étude et de son coefficient de fiabilité (0, 1 ou 2). L'annexe 1 présente cependant les résultats sans pondération.

III. RESULTATS

III.1 Valeurs de pH et couleur de la viande

III.1.1 Muscles de la longe

Pour les muscles de la longe, la très grande majorité des articles montre qu'il n'y a aucune différence entre les mâles entiers, les castrats et les femelles pour le pH1 (85% de non-significatif), le pHu (87% de non-significatif) et la couleur (77% de non-significatif pour L*, 83% pour a*, 79% pour b*) (Tableau 1). Il semble donc raisonnable de conclure que le sexe, et en particulier dans la comparaison mâle

entier/castrat, n'a pas d'effet sur les caractéristiques de la chute post mortem du pH (pH1 et pH ultime).

L'absence d'effet sur le pH1 indique une absence de risque sur la fréquence de viande PSE et la stabilité du pH ultime peut se traduire par une capacité de rétention en eau équivalente. Les données de couleur sont également cohérentes avec ces conclusions.

Tableau 1 : Score de chaque comparaison en fonction des résultats des études concernées pour les valeurs de pH1, pHu, L*, a* et b* dans le muscle *longissimus*.

Groupes comparés	Nombre d'études	Statistiques	pH		Couleur		
			pH ₁	pH _u	L*	a*	b*
ME - C	19	ME = C (NS)	12	23	16	17	15
		ME > C	1	2	1	2	1
		ME < C	2	1	3	0	1
		Total	15	26	20	19	17
ME - F	10	ME = F (NS)	7	11	6	5	5
		ME > F	1	3	0	3	1
		ME < F	0	0	2	0	2
		Total	8	14	8	8	8
C - F	4	C = F (NS)	3	6	2	3	2
		C > F	0	0	1	0	1
		C < F	0	0	0	0	0
		Total	3	6	3	3	3

ME = mâle entier ; C = mâle castré ; F = femelle ; NS = non significatif

III.1.2 Muscles du jambon

Pour les muscles du jambon (ici *semimembranosus* et *biceps femoris*), il n'y a que très peu de données pour les valeurs de pH1 et pHu (entre 2 et 7 études selon les sexes comparés) mais aucune étude n'a montré une différence significative entre sexe (Tableau 2), ce qui reste conforme aux données relevées pour la longe.

Aucune donnée n'est cependant disponible pour la couleur. Malgré tout, compte tenu de l'absence d'effet sur le pH1 et le pH ultime et du fort impact de ces variables sur la couleur de la viande, nous pouvons nous attendre à ne pas observer de différence significative de couleur, conformément à ce qui a été observé sur la longe.

Tableau 2 : Score de chaque comparaison en fonction des résultats des études concernées pour les valeurs de pH1, pHu, L*, a* et b* dans les muscles *semimembranosus* ou *biceps femoris*.

Groupes comparés	Nombre d'études	Statistiques	pH		Couleur		
			pH ₁	pH _u	L*	a*	b*
ME - C	7	ME = C (NS)	4	8	0	0	0
		ME > C	0	0	0	0	0
		ME < C	0	0	0	0	0
		Total	4	8	0	0	0
ME - F	2	ME = F (NS)	2	4	0	0	0
		ME > F	0	0	0	0	0
		ME < F	0	0	0	0	0
		Total	2	4	0	0	0
C - F	2	C = F (NS)	2	2	0	0	0
		C > F	0	2	0	0	0
		C < F	0	0	0	0	0
		Total	2	4	0	0	0

EM = mâle entier ; C = mâle castré ; F = femelle ; NS = non significatif

III.2 Capacité de rétention en eau / force de cisaillement

III.2.1 Muscles de la longe

Les mesures d'exsudats et de pertes à la cuisson sont fréquemment décrites comme les principaux critères d'évaluation de la capacité de rétention en eau de la viande. La comparaison castrats/femelles n'est abordée que dans une étude qui conclut sur une différence non significative. Entre les mâles entiers et les femelles, seul un point est attribué à une différence (la viande de femelle montre une perte à la cuisson supérieure à la viande de mâle entier) contre 3 pour une non-significativité des résultats (Tableau 3). Conformément aux données pH relevées, l'effet sexe pour les comparaisons castrat/femelle ou mâle entier/femelle peut s'interpréter comme étant inexistant sur la capacité de rétention en eau de la viande.

Pour la comparaison entre la viande de mâle entier et la viande de mâle castré, 7 points sur 17 (41%) pour l'exsudat et 7 points sur 12 (58%) pour la perte à la cuisson indiquent une moins bonne capacité de rétention en eau pour la viande de mâle entier. Comme environ la moitié des points conclut sur une

différence significative des résultats, un doute subsiste sur une possible meilleure capacité de rétention en eau chez le mâle castré. Une étude spécifique sur ce point mérite donc d'être mise en place.

Concernant la texture de la viande après cuisson, la force de cisaillement est la même entre les castrats et les femelles. Entre les mâles entiers et les femelles, les 3 modalités (ME=F, ME<F et ME> F) possèdent chacune 3 points, ce qui pousse également à conclure à une similitude de ces viandes. Enfin, entre la viande de mâle entier et de mâle castré, les points sont partagés (6 chacun) entre non-significativité des résultats et significativité dans le sens ME > C (Tableau 3). Ces résultats maintiennent ici un doute sur une possible augmentation de la dureté pour les mâles entiers, à l'image des observations faites sur la capacité de rétention de la viande. Là encore, une étude comparative entre sexes incluant des mesures de texture après cuisson mériterait d'être menée.

Tableau 3 : Score de chaque comparaison en fonction des résultats des études concernées pour les valeurs de perte de jus à l'écoulement et à la cuisson ainsi que la force de cisaillement dans le muscle *longissimus*.

Groupes comparés	Nombre d'études	Statistiques	Exsudat	Perte à la cuisson	Force de cisaillement
ME - C	19	ME = C (NS)	10	5	6
		ME > C	7	7	6
		ME < C	0	0	0
		Total	17	12	12
ME - F	10	ME = F (NS)	6	3	3
		ME > F	0	0	3
		ME < F	0	1	3
		Total	6	4	9
C - F	4	C = F (NS)	0	1	3
		C > F	0	0	0
		C < F	0	0	0
		Total	0	1	3

ME = mâle entier ; C = mâle castré ; F = femelle ; NS = non significatif

III.2.2 Muscles du jambon

Aucune des études sélectionnées n'a étudié les pertes d'exsudat, les pertes à la cuisson ou la force de cisaillement pour les muscles du jambon.

CONCLUSION

Cette analyse de la bibliographie suggère que le passage de la production de mâles castrés à la production de mâles entiers n'affecterait que très peu les propriétés de la viande. En effet, la grande majorité des études scientifiques concluent sur une similarité du pH1, pHu et de la couleur (L^* , a^* , b^*) entre les viandes de mâle entier, mâle castré et femelle.

En revanche, pour les pertes d'exsudat et les pertes à la cuisson dans les muscles de la longe, un consensus ne semble pas avoir été trouvé entre les études sélectionnées. Nous ne pouvons donc pas rejeter l'hypothèse que la viande de mâle entier pourrait être moins apte à retenir l'eau que la viande de mâle castré. Il en est de même avec la force de cisaillement, elle pourrait être plus faible chez le mâle castré que chez le mâle entier. Ces doutes pourraient

être levés avec la mise au point d'un protocole de comparaison dédié dont les effectifs seraient adaptés en fonction des besoins de puissance statistique pour ce type de données (exsudat, pertes à la cuisson, texture après cuisson).

Bien que les résultats de qualité de viande soient plus intéressants pour les muscles du jambon dans le contexte français et sa forte valorisation en jambon cuit, ces données restent rares dans la bibliographie. Sur ce point, il faut également relever l'absence totale de données dans la bibliographie internationale concernant la fréquence de déstructuration des jambons, alors qu'une étude récente de l'IFIP avait mis en évidence une augmentation de 50% du risque pour les femelles comparativement aux mâles castrés, donc un potentiel effet global du type sexuel (Schwob *et al.*, 2018).

Références bibliographiques

- Akit, H., Frobose, H., Channon, H., D'Souza, D., Dunshea, F. (2014). Effect of sex and dietary lecithin of eating quality of pork. 60th International Congress of Meat Science and Technology. 2014, Punta del Este, Uruguay.
- Aluwé, M., Bekaert, K.M., Tuytens, F., Brabander, D.L., De Smet, S., Millet, S. (2013). Effect of surgical castration, immunocastration and chicory-diet on the meat quality and palatability of boars. *Meat Science*, 94, 402–407.
- Aluwé, M., Millet, S., Nijs, G., Tuytens, F., Verheyden, K., De Brabander, H., Brabander, D.L., Oeckel, M.J. (2009). Absence of an effect of dietary fibre or clinoptilolite on boar taint in entire male pigs fed practical diets. *Meat Science*, 82, 346–52.
- Aluwé, M., Millet, S., Škrlep, M., Candek-Potokar, M., Zakowska-Biemans, S., Kostyra, E., den Broeke, A.V. (2020). Évaluation de la qualité de la viande des mâles entiers, castrés et immunocastrés, Dans : 52^{èmes} Journées de la Recherche Porcine. IFIP-Institut du porc, pp. 61–62.
- Bañón, S., Andreu, C., Laencina Sánchez, J., Garrido, M.-D. (2004). Fresh and eating pork quality from entire versus castrate heavy males. *Food Quality and Preference*, 15, 293–300.
- Barton-Gade, P. (1987). Meat and fat quality in boars, castrates and gilts. *Livestock Production. Science*. 16, 187–196.
- Batorek, N., Škrlep, M., Prunier, A., Louveau, I., Noblet, J., Bonneau, M., Čandek-Potokar, M. (2012). Effect of feed restriction on hormones, performance, carcass traits, and meat quality in immunocastrated pigs. *Journal of Animal Science*, 90, 4593–4603.
- Beattie, V.E., Weatherup, R.N., Moss, B.W., Walker, N. (1999). The effect of increasing carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. *Meat Science*, 52, 205–211.
- Boler, D.D., Kutzler, L.W., Meeuwse, D.M., King, V.L., Campion, D.R., McKeith, F.K., Killefer, J. (2011). Effects of increasing lysine on carcass composition and cutting yields of immunologically castrated male pigs. *Journal of Animal Science*, 89, 2189–2199.
- Channon, H.A., D'Souza, D.N., Dunshea, F.R. (2016). Developing a cuts-based system to improve consumer acceptability of pork: Impact of gender, ageing period, endpoint temperature and cooking method. *Meat Science*, 121.
- Dos Santos É.R., Bridi, A.M., da Silva, C.A., Alfieri, A.A., Fritzen, J.T.T., Terto, D.K., Correia, E.R. (2020). Gender effects on pork quality and calpain-1 and calpastatin gene expression in male pig muscle. *Meat Science*, 172, 108366–108366.
- D'Souza, D.N., Mullan, B.P. (2003). The effect of genotype and castration method on the eating quality characteristics of pork from male pigs. *Animal Science*, 77, 67–72.

Dufourny, (2014). Alternative à la castration chirurgicale du porcelet. Evaluation de la vaccination contre l'odeur de verrat dans la viande. Rapport D2998 "Le risque d'odeur de verrat". CRA-W pp 28.

Elsbernd, A.J., Patience, J.F., Prusa, K.J. (2016). A comparison of the quality of fresh and frozen pork from immunologically castrated males versus gilts, physical castrates, and entire males. *Meat Science*, 111, 110-115.

Fernandez, X., Forslid, A., & Tornberg, E. (1994). The effect of high post-mortem temperature on the development of pale, soft and exudative pork: interaction with ultimate pH. *Meat Science*, 37, 133-147.

Gispert, M., Angels Oliver, M., Velarde, A., Suarez, P., Pérez, J., 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.

Hansen, L.L., Stolzenbach, S., Jensen, J.A., Henckel, P., Hansen-Møller, J., Syriopoulos, K., Byrne, D.V. (2008). Effect of feeding 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.

Holinger, M., Früh, B., Stoll, P., Pedan, V., Kreuzer, M., Bérard, J., Hillmann, E., (2018). Long-term effects of castration, chronic intermittent social stress, provision of grass silage and their interactions on performance and meat and adipose tissue properties in growing-finishing pigs. *Meat Science*, 145, 40-50.

Honikel, K. O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49, 447-457.

Honikel, K. O., Kim, C. J., Hamm, R. (1986). Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. *Meat Science*, 16, 267-282.

Jaturasitha, S., Kamopas, S., Suppadit, T., Khiaosa-ard, R., Kreuzer, M., (2006). The Effect of Gender of Finishing Pigs Slaughtered at 110 Kilograms on Performance, and Carcass and Meat Quality. *Science Asia*, 32, 297-305.

Jeong, J.-Y., Choi, J.-H., Choi, Y.-S., Han, D.-J., Kim, H.-Y., Lee, M.-A., Lee, D.-H., Kim, C.-J. (2011). The Effects of Immunocastration on Meat Quality and Sensory Properties of Pork Bellies. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 31, 372-380.

Kim, D.-W., Kim, K.-H., Hong, J.-K., Cho, K.-H., Sa, S.-J., Kim, Y.-M., Park, J.-C., Seol, K.-H. (2014). Comparison of carcass characteristics, meat quality, and fatty acid profiles between Duroc and crossbred pigs (Duroc × Korean native pig). *Korean Journal of Agriculture Science*, 41, 425-431.

Lebret, B., Delgado-Andrade, C., Claude, S., Prunier, A., (2012). Qualité de la viande de porcs mâles entiers, castrés ou immunocastrés: Influence de la conduite pré-abattage. *Journées de la Recherche Porcine*. 44, 4950.

Li, Y.X., Cabling, M.M., Kang, H.S., Kim, T.S., Yeom, S.C., Sohn, Y.G., Kim, S.H., Nam, K.C., Seo, K.S., (2013). Comparison and correlation analysis of different swine breeds meat quality. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 26, 905-910.

Lindhahl, G., Enfält, A., Seth, G. von, Joseli, A., Hedebo-Velander, I., Andersen, H.J., Braunschweig, M., Andersson, L., Lundström, K. (2004a). A second mutant allele (V199I) at the PRKAG3 (RN) locus-II. Effect on colour characteristics of pork loin. *Meat Science* 66, 609-619.

Lindhahl, G., Enfält, A.C., von Seth, G., Josell, A., Hedebo-Velander, I., Andersen, H.J., Braunschweig, M., Andersson L., Lundström K. (2004b). A second mutant allele (V199I) at the PRKAG3 (RN) locus- I. Effect on technological meat quality of pork loin. *Meat Science*, 66, 621-627.

Molist, F., Gerritsen, R., van der Aar, P., Prüst, H. (2014). Influence of a gonadotropin-releasing hormone vaccine and dietary standardized ileal digestible lysine level on growth performance and carcass quality of grower-finisher pigs. *Journal of Animal Science*, 92, 4956-4963.

Moore, K.L., Mullan, B.P., Dunshea, F.R. (2017). Boar taint, meat quality and fail rate in entire male pigs and male pigs immunized against gonadotrophin releasing factor as related to body weight and feeding regime. *Meat Science*, 125, 95-101.

Murray, A. C., M Jones, S. D., Sather, A. P. (1989). The effect of preslaughter feed restriction and genotype for stress susceptibility on pork lean quality and composition. *Canadian Journal of Animal Science*, 69, 83-91.

Needham, T., Hoffman, L. (2015). Physical meat quality and chemical composition of the Longissimus thoracis of entire and immunocastrated pigs fed varying dietary protein levels with and without ractopamine hydrochloride. *Meat Science*, 110, 101-108.

Oliviero, C., Ollila, A., Andersson, M., Heinonen, M., Voutila, L., Serenius, T., Peltoniemi, O. (2016). Strategic use of anti-GnRH vaccine allowing selection of breeding boars without adverse effects on reproductive or production performances. *Theriogenology*, 85, 476-482.

- Park, J., Campbell, C.P., Squires, E.J., Lange, C.F.M. de, Mandell, I.B. (2018). Effects of pig genotype, immunological castration, and use of ractopamine on growth performance, carcass traits, and pork quality for entire male pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 99, 82–106.
- Pauly, C., Spring, P., O'Doherty, J.V., Kragten, S.A., Bee, G. (2009). Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac®) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. *Animal*, 3, 1057–1066.
- Pauly, C., Spring, P., O'Doherty, J.V., Kragten, S.A., Bee, G. (2008). Performances, meat quality and boar taint of castrates and entire male pigs fed a standard and a raw potato starch-enriched diet. *Animal*, 2, 1707–1715.
- Rasmussen, A. J., & Andersson, M. (1996). New method for determination of drip loss in pork muscles. *Proceedings of 42nd International Congress of Meat Science and Technology*. 286–287. Lillehammer, Norway.
- Sather, A.P., Jones, S.D.M., Joyal, S. (1991). Feedlot performance, carcass composition and pork quality from entire male and female Landrace and Large White market-weight pigs. *Canadian journal of Animal Science*, 71, 29-42.
- Schwob S., Vautier A., Lhommeau T. (2018). Etude génétique du défaut « jambon déstructuré ». *Cahiers IFIP*, 5(2), 9-20.
- Škrlep, M., Batorek, N., Bonneau, M., Prevolnik, M., Kubale, V., Čandek-Potokar, M. (2012). Effect of immunocastration in group-housed commercial fattening pigs on reproductive organs, malodorous compounds, carcass and meat quality. *Czech Journal of Animal Science*, 57, 290–299.
- Škrlep, M., Poklukar, K., Kress, K., Vrecl, M., Fazarinc, G., Batorek Lukač, N., Weiler, U., Stefanski, V., Čandek-Potokar, M. (2020). Effect of immunocastration and housing conditions on pig carcass and meat quality traits. *Transl. Animal Science*, 4, 1224–1237.
- Škrlep, M., Šegula, B., Prevolnik, M., Kirbiš, A., Fazarinc, G., Čandek-Potokar, M. (2010). Effect of immunocastration (Improvac®) in fattening pigs II: Carcass traits and meat quality. *Slovenian Veterinary Research*, 47, 65-72.
- Škrlep, M., Tomažin, U., Lukač, N.B., Poklukar, K., Čandek-Potokar, M. (2019). Proteomic Profiles of the Longissimus Muscles of Entire Male and Castrated Pigs as Related to Meat Quality. *Animals*, 9, 74.
- Van den Broeke, A., Leen, F., Aluwé, M., Ampe, B., Van Meensel, J., Millet, S. (2016). The effect of GnRH vaccination on performance, carcass, and meat quality and hormonal regulation in boars, barrows, and gilts. *Journal of Animal Science*, 94, 2811–2820.
- Youssao A. K. I., Kpodékon T. M., Koutinhoun G. B., Adjapka A., Yacoubou A. and Ahounou S. (2008). Influence de la castration des mâles sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et les qualités de la viande du porc local du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 61, 17-24.
- Zamaratskaia, G., Andersson, H., Chen, G., Andersson, K., Madej, A., Lundström, K. (2008). Effect of a Gonadotropin-releasing Hormone Vaccine (Improvac™) on Steroid Hormones, Boar Taint Compounds and Performance in Entire Male Pigs. *Reproduction in Domestic Animals*, 43, 351–359.
- Zawadski, S., Sather, A.P., Jones, S.D.M., Schaefer, A.L., Robertson, W.M., Tong, A.K.W., Squires, E.J. (1995). Antemortem handling effects on the behaviour, carcass yield and meat quality of market weight entire male pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 75, 45–56.