



Prédiction de la variation de la qualité de la viande par la température oculaire mesurée par thermographie infrarouge

Mesure de la température oculaire par thermographie infrarouge pour évaluer l'état physiologique des porcs avant l'abattage et prédire la variation de la qualité de la viande

Mots-clés : porcs, thermographie infrarouge, stress, qualité de la viande

Auteurs : Weschenfelder A.V.^{1,2,3}, Saucier L.^{2,3}, Maldague X.⁴, Rocha L.M.^{1,2,3}, Schaefer A.L.⁵, Faucitano L.^{1*}

¹ Agriculture et agro-alimentaire Canada, Centre de recherche et développement sur le bovin laitier et le porc, Sherbrooke, J1M0C8, Canada ; ² Département des sciences animales, Université Laval, Ville de Québec, G1VA06, Canada ; ³ Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Université Laval, Ville de Québec, G1VA06, Canada ; ⁴ Département de génie électrique, Université Laval, Ville de Québec, G1VA06, Canada ; ⁵ Agriculture et agro-alimentaire Canada, Centre de recherche de Lacombe, Lacombe, T4L1W1, Canada.

* E-mail de l'auteur correspondant : luigi.faucitano@agr.gc.ca

Cet article est un résumé d'une étude publiée dans Meat Science, 95 (2013), 616-620.

Aujourd'hui, les abattoirs démontrent un intérêt croissant vers les techniques capables d'évaluer l'état physiologique des animaux avant l'abattage afin de contrôler la variation de la qualité de la viande. La technologie infrarouge appliquée au niveau oculaire permet de détecter les changements de température associés à l'état physiologique des porcs avant l'abattage et pourrait s'avérer utile pour prédire la variation de la qualité de la viande de porc dans les conditions commerciales.

Résumé :

Nous avons mesuré la température corporelle de 258 porcs par thermographie infrarouge de l'œil, ainsi que la concentration de lactate dans le sang prélevé à l'abattoir avant l'entrée dans le restraining qui précède l'anesthésie électrique. La qualité de la viande a été évaluée dans les muscles *Longissimus dorsi* (LD) et *Semimembraneux* (SM). Nous avons constaté une corrélation positive entre la température oculaire mesurée par thermographie infrarouge (TOTI) et la concentration sanguine de lactate, le pH du muscle LD mesuré une heure après l'abattage et la perte au ressuage dans ce muscle. Nous avons aussi observé une corrélation négative entre la TOTI et le pH 1 heure après abattage du muscle SM. La TOTI pourrait s'avérer utile pour évaluer l'état physiologique des porcs à l'abattage et prédire la variation de caractères importants liés à la qualité de la viande. Cependant, comme ces corrélations sont plutôt faibles il y aurait lieu de raffiner davantage la technique de saisie d'images et d'examiner différentes conditions de pré-abattage pour obtenir une plus grande variation de la qualité de la viande.

Abstract: Ocular infrared thermography to predict pork quality

Infra-red thermography (IRT) body temperature readings were taken in the ocular region of 258 pigs immediately before slaughter. Levels of lactate were measured in blood taken in the restrainer. Meat quality was assessed in the *Longissimus dorsi* (LD) and *Semimembranosus* (SM) muscles. Ocular IRT (IROT) temperature was positively correlated with blood lactate levels, with pH taken 1 hour *post-mortem* and drip loss in the LD muscle, and negatively with pH 1 hour *post-mortem* in the SM muscle. Potentially, IROT may be a useful tool to assess the physiological conditions of pigs at slaughter and predict the variation of important meat quality traits. However, the magnitude of the correlations is rather low, so a further development of image capture technique and further studies under more variable preslaughter conditions ensuring a larger pork quality variation are needed.

INTRODUCTION

La thermographie infrarouge (TIR) est une technique non invasive qui permet de mesurer la température corporelle de surface d'un animal sans le toucher (Stewart et al., 2005). Par le passé, la TIR a été utilisée pour évaluer le bien-être des animaux au cours de pratiques courantes d'élevage, comme l'écrantage ou le contrôle de l'état de santé des veaux (Stewart et al., 2008). En raison de l'association étroite entre l'augmentation de la température des muscles et la chute du pH au début de la période *post-mortem* (Klont et Lambooi, 1995), la TIR a aussi été utilisée pour déceler l'augmentation de la température des porcs manipulés avant l'abattage en vue de prédire la variation de la qualité de la viande (Gariépy et al., 1989). Les résultats de ces études n'étaient toutefois pas concluants. Peut-être que les instruments de TIR utilisés à l'époque étaient moins fiables que ceux qui existent aujourd'hui ou ce pourrait être le choix du dos de l'animal comme site anatomique pour la mesure de la température qui était moins approprié.

Le cerveau est la principale source de production de chaleur métabolique; il fait partie du système nerveux central, responsable de la régulation de la température

I. MATERIEL ET METHODES

I.1. Animaux

En tout, 258 porcs de poids d'abattage (environ 115 kg) ont été choisis au hasard pour la prise de mesure de la température oculaire par thermographie infrarouge à l'abattoir alors qu'ils étaient alignés avant l'anesthésie

I.2. Saisie des images de thermographie infrarouge

Un appareil photo infrarouge a été utilisé par un technicien qualifié pour prendre des images de l'œil droit de tous les porcs juste avant leur abattage. La Figure 1 montre une photo de thermographie oculaire utilisée dans cette étude. L'analyse des images de TOTI avec le programme Flir Quickreport nous a permis de déterminer la température

corporelle (McCafferty, 2007). Or, comme l'œil est très près du cerveau et que la température du cerveau est reconnue comme un indicateur de la température corporelle générale, la température prise dans la région oculaire est considérée comme un bon indicateur de la température corporelle interne ($r \geq 0,80$; Tan et al., 2009). Des changements dans la température oculaire mesurée par TIR ont été signalés, chez les bovins, en réponse à des stress aigus, comme la douleur et les processus inflammatoires (Stewart et al., 2008; Schaefer et al., 2012), et ont été associés à une augmentation des concentrations salivaires et plasmatiques du cortisol chez les lapins et les chevaux (Cook et al., 2001; De Lima et al., 2013).

Notre étude visait, d'une part, à déterminer si la température corporelle estimée par thermographie infrarouge de la région orbitaire juste avant l'abattage reflète, de manière fiable, l'état physiologique des porcs avant l'abattage (tel que déterminé par les concentrations sanguines de lactate) et, d'autre part, à voir si cette technologie peut être employée pour expliquer la variation de la qualité de la viande.

électrique. Les concentrations sanguines de lactate ont été mesurées dans tous les animaux, mais les paramètres de qualité de viande n'ont été évalués que dans un sous-échantillon (139 carcasses) de cette population.

maximale (°C) dans la zone définie par la bordure palpébrale médio-postérieure de la paupière inférieure et la caroncule lacrymale. Ce site correspond à la région de l'œil où il y a la plus grande irrigation sanguine et qui est innervée par le système sympathique. C'est donc le site qui répond le mieux aux variations du flux sanguin et de température.

Figure 1 : Image de la région orbitale d'un porc prise par la technique infrarouge



I.3. Mesure de la concentration de lactate dans le sang

Au moment où les images de TOTI ont été prises, une piqûre faite à l'oreille des porcs (veine distale) a permis d'obtenir une goutte de sang qui a immédiatement été

I.4. Mesures de la qualité de la viande

Le pH a été mesuré dans le *Longissimus dorsi* et le *Semimembraneux* 1 heure et 24 heures après l'abattage (pH1 et pH24, respectivement). Nous avons également utilisé un colorimètre Minolta pour mesurer les valeurs L^* , a^* et b^* .

I.5. Analyse statistique

Les données ont été analysées à l'aide du modèle mixte SAS. Nous avons utilisé la procédure CORR pour calculer les coefficients de corrélation de Pearson pour quantifier les

II. RESULTATS ET DISCUSSION

Dans l'ensemble, les thermogrammes oculaires et les concentrations de lactate dans le sang indiquent des niveaux de stress faibles à normaux chez les porcs à l'abattoir où l'étude a été faite. Il s'agit des premières données sur la variation de la TOTI chez les porcs. Toutefois, quand nous avons comparé nos résultats aux valeurs de TIR de la peau du dos obtenues par Gariépy et al. (1989), la plage de variation des valeurs de TOTI obtenues dans notre étude était moins grande (26,5–32,2°C, écart type = 2,67 vs. 34,0–38,1°C, écart type = 0,87). Il est cependant difficile de dire si cette plus grande concentration des valeurs autour de la moyenne est due au site anatomique ou aux progrès de la technologie infrarouge, permettant de fabriquer de meilleurs instruments comme la caméra utilisée dans notre étude. Malheureusement, pour des raisons logistiques, nous n'avons pas pu comparer les résultats obtenus aux deux sites anatomiques.

Nous avons constaté une corrélation positive, mais faible, entre les TOTI et les concentrations de lactate dans le sang des animaux se trouvant dans le convoyeur d'anesthésie ($r = 0,20$; $P = 0,001$; Tableau 1). Compte tenu de la rapidité relative de l'augmentation de la concentration plasmatique de lactate (4 min) et de son retour à la normale (2 h) après un exercice physique, la corrélation entre la TOTI et la concentration de lactate dans le sang en période *peri-mortem* (soit quelques secondes avant l'abattage) pourrait refléter le degré d'activité musculaire et le niveau de stress lorsque les animaux sont manipulés et conduits en groupe dans des conditions normales où ils peuvent se déplacer librement jusqu'à une file indienne où les animaux

CONCLUSION

Dans l'ensemble, nos résultats indiquent que la technologie infrarouge appliqué au niveau oculaire a une certaine potentialité pour détecter les changements de température associés à l'état physiologique des porcs avant l'abattage, et que cette technologie pourrait s'avérer utile pour prédire la variation de la qualité de la viande de porc dans les conditions commerciales. Cependant, même si les corrélations entre cette mesure et la concentration sanguine de lactate ou les paramètres de qualité de la viande étaient significatives dans cette étude, elles étaient plutôt faibles. Ceci peut s'expliquer par la faible variation de la qualité de

déposée sur une bandelette réactive qu'on a insérée dans un analyseur portable « Lactate Scout » pour obtenir la mesure de la concentration de lactate.

La perte en eau, quant à elle, a été mesurée dans le LD et le SM au moyen de la méthode EZdriploss (Correa et al., 2007).

relations de la TIR avec l'état physiologique des animaux ou les caractères liés à la qualité de la viande.

se déplacent en confinement dans un espace restreint. Comme on pouvait s'y attendre, étant donné les corrélations mentionnées auparavant entre la TOTI et la concentration de lactate dans le sang, nous avons trouvé des corrélations négatives entre la TOTI et le pH1 des muscles LD ($r = 0,18$; $P = 0,03$) et SM ($r = 0,20$; $P = 0,02$), et des corrélations positives entre la TOTI et la température du LD ($r = 0,33$; $P < 0,001$) ainsi que la perte en eau ($r = 0,20$; $P = 0,02$) dans ce muscle (Tableau 1). Même si les corrélations observées dans cette étude sont significatives, leur ampleur est faible, probablement à cause de la faible variation de la qualité de la viande. Ce peu de variation explique aussi la relation faible ($r = 0,24$ à $0,40$), mais significative, entre les paramètres physiologiques (concentration du lactate dans le sang) et ceux liés à la qualité de la viande (pH1 et pH24). La corrélation plus élevée avec le pH24 peut être expliquée par l'épuisement du glycogène musculaire qui, en étant converti en lactate, augmente le taux de lactate libéré dans le sang et réduit le taux d'acidification musculaire. Dans notre étude, la faible variation de la qualité de la viande résulte peut être expliquée par le contrôle rigoureux des conditions de manipulation des animaux avant l'abattage (*peri-mortem*), tel que, par exemple, le déplacement d'animaux en petits groupes sans l'utilisation d'aiguillon électrique.

Quoi qu'il en soit, ces résultats montrent qu'une température corporelle et musculaire élevée au moment de l'abattage contribue à accélérer l'acidification de la viande, très tôt après l'abattage, ce qui, dans les cas extrêmes, peut donner lieu à une viande exsudative (Klont et Lambooij, 1995).

la viande ou encore par le manque de fiabilité du modèle de la caméra infrarouge utilisé dans cette étude. Il y aurait donc lieu d'améliorer la technique de saisie d'images pour valider la fiabilité de la mesure de la température orbitale par l'infrarouge pour le contrôle de l'état physiologique des animaux avant l'abattage et pour le contrôle de la variation de la qualité de la viande de porc. Afin de mieux valider la technique, il faudrait également procéder à des études portant sur des conditions pré-abattage plus diversifiées pour obtenir une plus grande plage de variation de la qualité de la viande.

Tableau 1 : Corrélations entre la température oculaire par la technique infrarouge, le lactate sanguin et les paramètres de qualité de la viande¹

Paramètre <i>r</i> <i>P</i>	TOTI ²	Lactate sanguin (Mmol/L)	pHLD1	T°LD1h	pHLD24	L*LD	PELD	pHSM1	T°SM1h	pHSM24	L*SM	PESM	pHAD24
TOTI ²	1	0.20 0.001	-0.18 0.03	0.33 0.0002	0.09 0.31	0.06 0.52	0.20 0.02	-0.20 0.03	0.09 0.28	-0.02 0.82	0.05 0.50	-0.13 0.12	0.02 0.84
Lactate sanguin (Mmol/L)		1	-0.05 0.49	0.12 0.18	0.23 0.005	-0.06 0.46	0.004 0.95	-0.21 0.01	-0.09 0.31	0.21 0.01	-0.01 0.86	-0.10 0.22	0.32 0.0001
pHLD1			1	-0.14 0.09	-0.003 0.96	-0.19 0.02	-0.29 0.0006	0.45 <.0001	-0.12 0.15	0.10 0.25	-0.19 0.02	-0.13 0.11	-0.05 0.5
T°LD1h				1	-0.19 0.02	0.33 <.0001	0.16 0.06	-0.22 0.008	0.13 0.11	0.022 0.79	-0.05 0.57	0.02 0.8	0.04 0.6
pHLD24					1	-0.48 <.0001	-0.33 <.0001	0.15 0.08	-0.17 0.05	0.69 <.0001	-0.18 0.03	-0.38 <.0001	0.52 <.0001
L*LD						1	0.45 <.0001	-0.28 0.001	0.05 0.51	-0.39 <.0001	0.39 <.0001	0.23 0.006	-0.25 0.003
PELD							1	-0.14 0.11	-0.06 0.48	-0.42 <.0001	0.13 0.13	0.36 <.0001	-0.23 0.006
pHSM1								1	-0.14 0.09	0.18 0.04	-0.32 0.0001	-0.20 0.02	-0.03 0.65
T°SM1h									1	0.06 0.45	-0.03 0.68	0.04 0.65	-0.001 0.98
pHSM24										1	-0.37 <.0001	-0.32 0.0001	0.70 <.0001
L*SM											1	0.13 0.14	-0.30 0.0004
PESM												1	-0.29 0.0004

¹LD = muscle *Longissimus dorsi*, SM = muscle *semimembraneux* ; PE = perte en eau

²TOTI = température oculaire mesurée par thermographie infrarouge

Bibliographie

- Cook, N.J., Schaefer, A.L., Warren, L., Burwash, L., Anderson, M., Baron, V., 2001. Adrenocortical and metabolic responses to ACTH injection in horses: An assessment by salivary cortisol and infrared thermography of the eye. *Can. J. Anim. Sci.*, 81, 621.
- Correa, J.A., Méthot, S., Faucitano, L., 2007. A modified juici container (ez-driploss) procedure for a more reliable assessment of drip loss and related quality changes in pork meat. *J. Muscle Foods*, 18, 67-77.
- De Lima, V., Piles, M., Rafel, O., López-Béjar, M., Ramón, J., Velarde, A., Dalmau, A., 2013. Use of infrared thermography to assess the influence of high environmental temperature on rabbits. *Res. Vet. Sci.*, 95, 802-810.
- Gariépy, C., Amiot, J., Nadai, S., 1989. Ante-mortem detection of PSE and DFD by infrared thermography of pigs before stunning. *Meat Sci.*, 25, 37-41.
- Klont, R.E., Lambooij, E., 1995. Effects of preslaughter muscle exercise on muscle metabolism and meat quality studied in anesthetized pigs of different halothane genotypes. *J. Anim. Sci.*, 73, 108-117.
- McCafferty, D.J., 2007. The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. *Mamm. Rev.*, 37, 207-223
- Schaefer, A.L., Cook, N.J., Bench, C., Chabot, J.B., Colyn, J., Liu, T., Okine, E.K., Stewart, M., Webster, J.R., 2012. The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset on receiver calves using infrared thermography. *Res. Vet. Sci.*, 93, 928-935.
- Stewart, M., Webster, J.R., Schaefer, A.L., Cook, N.J., Scott, S.L., 2005. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Anim. Welf.*, 14, 319-325.
- Stewart, M., Stafford, K.J., Dowling, S.K., Schaefer, A.L., Webster, J.R., 2008. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiol. and Behav.*, 93, 789-797.
- Tan, J., Ng, E.Y.K., Acharya, U.R., Chee, C., 2009. Infrared thermography on ocular surface temperature: A review. *Infrared Phys. Techn.*, 52, 97-108.