

Aptitude technologique de la longe pour une transformation en salaison : identification des principaux prédicteurs du rendement technologique et tranchage

Antoine VAUTIER, Eric GAULT, Thierry LHOMMEAU

IFIP-Institut du Porc, BP 35104, 35651 Le Rheu Cedex, France

antoine.vautier@ifip.asso.fr

La longe cuite tranchée en libre service est un produit à potentiel de croissance. Les transformateurs ont besoin de références techniques. Le modèle du jambon cuit est peut-être transposable à la transformation de la longe, mais les spécificités de celle-ci impliquent de réévaluer l'impact des critères de qualité technologique sur les rendements de transformation et les défauts musculaires. L'IFIP a étudié les relations entre les mesures de qualité de la longe et les rendements de fabrication. L'aptitude à prédire la qualité de la viande par spectroscopie visible proche infrarouge a également été testée. Une cartographie anatomique de ces relations a été proposée. Le pH ultime montre des relations permettant de prédire le rendement technologique et la spectroscopie proche infrarouge a montré une meilleure aptitude à la prédiction du rendement technologique que le pH. Cette étude a révélé qu'environ 30% des longes portaient un défaut de structure musculaire de type « pommade » comme sur jambon cuit, surtout localisé dans le tiers antérieur de la longe.

Technological processability of pork loin for meat-curing: the big predictors of technological yield and sliceability

Cooked-and-sliced off-the-shelf pork loin is primed for growth. The processors need technical references. The cooked ham model may well be transposable to processing loin muscle, but the loin has specific features that warrant a re-assessment of the impact of technological meat quality criteria on processing yields and meat-muscle defects. The IFIP studied the correlations between loin quality measurements and cooking yields, tested the ability of visible/near-infrared spectroscopy to accurately predict meat quality, and proposed an anatomical map of these relationships. Ultimate pH shows predictive correlations with technological yield but near-infrared spectroscopy out-predicts pH for technological yield. This study found that around 30% of loins carried the same kind of "paste-like" muscle structure as cooked ham, essentially localized to the shoulder-end third of the loin.

Mots clés : longe, qualité technologique, pH, spectroscopie visible proche infrarouge

Keywords: loin, technological meat quality, pH, visible/near-infrared spectroscopy

Introduction

Le marché de la viande fraîche étant en perte de vitesse depuis quelques années (entre -0,5 et -1,0% chaque année pour le porc), il est souhaitable pour l'ensemble de la filière de **développer une gamme de produits transformés à base de longe**. Cette pièce étant jusqu'alors presque exclusivement valorisée en viande fraîche, l'essentiel des publications portent sur les pertes en exsudat et à la cuisson (Pinochet *et al.*, 1988 ; Van Laack *et al.*, 1994 ; Otto *et al.*, 2004 ; Kurt *et al.*, 2007), sur les écarts d'aspect (couleur, importance du gras intermusculaire et intramusculaire, intention d'achat ; Dransfield *et al.*, 2005) et sur l'évolution de la texture après cuisson (Honikel *et al.*, 1987 et 1994 ; Chiavaro *et al.*, 2009 ; Moeller *et al.*, 2010). Le développement potentiel de la transformation de la longe en produits cuits et tranchés « libre service » ne pourra se faire sans l'acquisition de nouvelles connaissances sur le **comportement technologique de la longe**.

Concernant le jambon cuit supérieur, produit phare du rayon libre service, l'étude de l'impact des critères biochimiques de la viande de porc sur la qualité technologique et les rendements de transformation a fait l'objet de plusieurs travaux en France ces quinze dernières années. Parmi les mesures de qualités identifiées sur le jambon, **le pH ultime est aujourd'hui le meilleur estimateur du rendement technologique** (Alviset *et al.*, 1995 ; Boutten *et al.*, 2003, Vautier *et al.*, 2009) avec des valeurs de corrélations variant entre $r=0,79$ et $r=0,84$ et une erreur de prédiction de 1.8 point. Le pH ultime est également **un bon indicateur du risque de présence du défaut « jambon déstructuré » qui touche environ 17 % des jambons** (Minvielle *et al.*, 2001) et dont les conséquences sont l'augmentation des **pertes au tranchage** (Vautier *et al.*, 2011). En effet, un modèle de prédiction basé sur le pH ultime apporte **84% de concordance** sur la prédiction de l'occurrence du défaut (Vautier *et al.*, 2008). Toujours sur le jambon, une récente étude a montré qu'il était **possible de calibrer un spectromètre visible/proche infrarouge** sur des sites de mesure de viande fraîche (désossée ou non) pour la prédiction du rendement technologique avec une corrélation élevée ($r=0,87$) et une erreur de 3,0 points (Vautier *et al.*, 2009).

Il n'est pas disponible aujourd'hui dans la bibliographie de publications ou de travaux traitant de la prédiction des rendements de fabrication en longe cuite. L'IFIP a pu dans le cadre d'une étude sur la mesure du potentiel rédox acquérir quelques premiers éléments de réponse sur des sites de mesure bien déterminés sur la longe (Vautier *et al.*, 2011) : dans cette étude, le pH ultime mesuré au niveau de la 13^{ème} côte montre également des corrélations d'un

bon niveau avec le rendement technologique ($r=0,70$). La spectroscopie dans le visible confirme les niveaux de prédiction du rendement technologique obtenus précédemment en spectroscopie visible + proche infra rouge sur le jambon, alors que **la mesure du potentiel rédox ne présente pas d'intérêt**. Des observations réalisées sur les longes après tranchage ont permis dans cette étude d'identifier deux défauts de structure : un **premier défaut de tenue de tranche** qui semble assez corrélé au pH ultime, puis un second défaut se rapprochant assez nettement du **défaut pommade** tel qu'on peut le rencontrer en jambon cuit, mais dont les mécanismes d'apparitions semblent différents (pas de lien avec la mesure du pH ultime). Ces résultats préliminaires nous encouragent donc à la mise en place d'une étude spécifique sur la connaissance de la qualité technologique de la longe. Il s'agit de déterminer d'une part, parmi les critères de qualité disponibles (pH1, pHu, couleur $L^*a^*b^*$, spectrométrie visible et proche infrarouge, conductimétrie) lesquels sont pertinents pour la prédiction du rendement technologique ; et d'autre part, d'**identifier des sites de mesures de référence** pour la longe avec si besoin l'établissement de grilles de notation de défauts identifiables sur longe désossée.

Par cette étude, l'IFIP propose de dresser un profil de l'aptitude à la transformation de la longe en se basant sur la détermination des principaux prédicteurs des rendements de fabrication et sur l'identification de ses défauts majeurs. Un parallèle avec le modèle « jambon cuit » paraît à ce niveau incontournable : de récents travaux de l'IFIP (Vautier *et al.*, 2011) ont mis en évidence qu'il existait également sur la longe transformée des problèmes de texture comparables aux tranches de jambon « pommade ». La détermination des sites de mesure les plus appropriés pour une application en salaison sera également de toute première importance.

Matériels et méthodes

Sélection des longes – échantillonnage

Sur l'ensemble de l'étude, 80 carcasses appartenant à des lots de porcs standards ont été sélectionnées lors de l'abattage (abattoir Cooperl, Montfort-sur-Meu). Le génotype halothane mâle n'étant pas maîtrisé, chaque carcasse sélectionnée a fait l'objet en fin de chaîne d'abattage d'un prélèvement d'oreille à l'emporte pièce à l'aide de boucles dédiées (photo 1). Le prélèvement a ensuite été envoyé au laboratoire Certagen (Rheinbach, Allemagne) pour détermination du **statut halothane**.



Photo 1

Après identification et pour chaque répétition, les 20 demi-carcasses gauches et droites sélectionnées ont été découpées à J+1, puis les longes ont été désossées en carré désossé demi-chainette sans grillade (référence 213, catalogue export INAPORC – Frenchporkcuts.com, photo 2) suffisamment tôt en matinée pour permettre l'acquisition des mesures de qualité dans la journée.



Photo 2

A l'issue de la journée de mesure (salle de découpe IFIP, Romillé), les carrés droits et gauches ont été transportés à la salaison Fleury Michon (Pouzauges) pour y être transformés en rôtis cuits supérieurs tranchés. Les carrés droits ont été transformés suivant un procédé au taux de sel standard, les longes gauches avec un taux de sel réduit (-25 %). La transformation s'est déroulée suivant un mode opératoire

légèrement différent du procédé habituel, l'objectif étant de conserver la traçabilité individuelle des carrés pour chacune des étapes de la transformation, comme cela avait déjà été expérimenté par Vautier *et al.* (2011). Les carrés ont donc été numérotés, mis en sac sous vide après injection individuelle de saumure (18 %) puis barattés parmi un lot de carré hors-essai dans une baratte industrielle et enfin moulés séparément pour le suivi de la cuisson. Les rendements technologiques ont été mesurés individuellement en salaison par la société Fleury Michon. Les pertes au tranchage ont ensuite été estimées par l'IFIP après transfert des paquets de tranches LS en salle de découpe de Romillé. La présence de défauts majeurs a été estimée pour chaque longe en rapport avec la localisation anatomique de la tranche (antérieure/postérieure), chaque paquet de tranche étant numéroté par rapport à la séquence anatomique du tranchage du carré.

Mesures sur viande fraîche

A l'abattoir (J0, 30 minutes post mortem) – sur demi-carcasse droite

- pH1 / pH-mètre SYDEL + Electrode de mesure Mettler Toledo LoT406-M6-DXK-S7/25, mesure au niveau du site de référence sur le *Longissimus* au niveau de la dernière côte (IFIP, 2000).
- Température du muscle *Longissimus*
- Prélèvement d'oreille pour analyse du statut halothane (Certagen).

Tableau 1 : Organisation des différentes phases de mesure entre abattoir/salle de découpe /salaison

LOT	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI
Lot 1 (L1) Mesures IFIP	<ul style="list-style-type: none"> • pH1 • conductivité 30min. • prélèvement pour test halothane • température de la longe 	<ul style="list-style-type: none"> • pHu (cartographie) • conductivité 24h (cartographie) • couleur (2 sites) • acquisitions NIRS (9 sites) 	-	-
Lot 2 (L2) Mesures IFIP	-	<ul style="list-style-type: none"> • pH1 • conductivité 30 min. • prélèvement pour test halothane • température de la longe 	<ul style="list-style-type: none"> • pHu (cartographie) • conductivité 24h (cartographie) • couleur (2 sites) • acquisitions NIRS (9 sites) 	-
Remise TFE Rennes	-	19h00 lot L1 (n=40 longes, 20 droites + 20 gauches)	19h00 lot L2 (n=40 longes, 20 droites + 20 gauches)	
Réception Fleury Michon	-		07h00 lot L1 (n=40 longes)	07h00 lot L2 (n=40 longes)
Process Fleury Michon	pour chaque réception de 40 longes : <ul style="list-style-type: none"> • 20 longes droites identifiées pour fabrication individuelle en longe cuite à taux de sels standard • 20 longes gauches identifiées pour fabrication individuelle en longe cuite à taux de sels réduit 			

En salle de découpe IFIP (J1, 24 à 30h post mortem) – sur demi-carrosse droite

- pH ultime / pH-mètre SYDEL + Electrode de mesure Mettler Toledo LoT406-M6-DXK-S7/25,
 - cartographie du pH sur 18 sites répartis selon un tramage de 5 cm de côté,
 - deux séries de 9 mesures ventrales et dorsales,
 - mesure au cœur du muscle *Longissimus*.



- Couleur (L*, a*, b*) / colorimètre CR300 Minolta, illuminant D65
 - Deux sites de mesure
 - Site 1 : longissimus au niveau de la 5^{ème} vertèbre thoracique
 - Site 2 : longissimus au niveau de la dernière vertèbre lombaire

- Conductivité / conductimètre LF-star, Matthaus
 - cartographie de conductivité à 24h post mortem, sur 9 sites répartis tous les 5 cm,
 - une série axiale,
 - mesure au cœur du muscle *Longissimus*.



- Spectroscopie proche visible et infrarouge / labspec5000 – ASDI
 - acquisitions sur 18 sites répartis selon un tramage de 5 cm de côté,
 - une série axiale,
 - mesure au cœur du muscle *Longissimus*.



Mesures sur produit transformé

En salaison (J2) – étapes de d'injection, barattage et cuisson

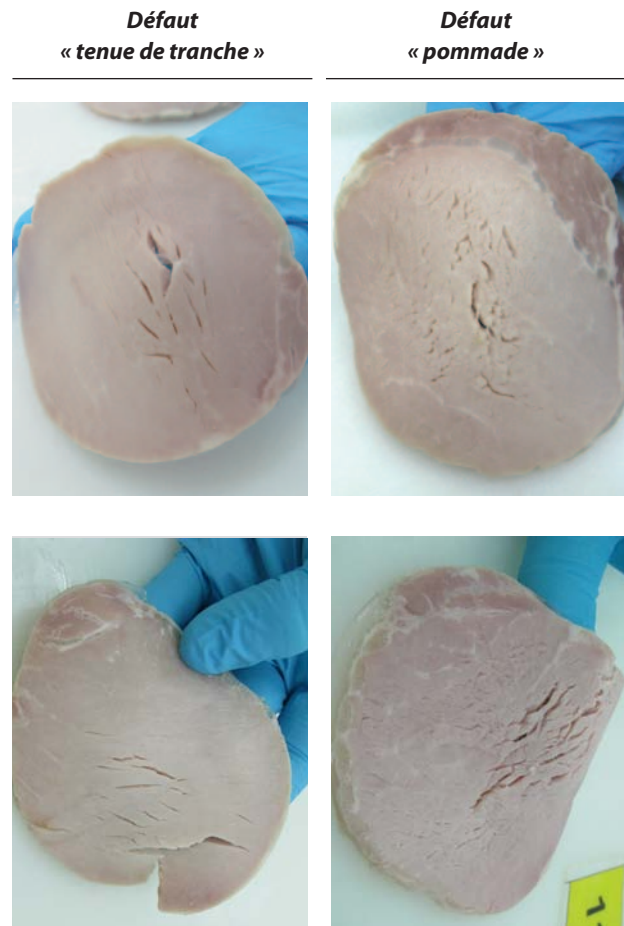
- pesée individuelle des longes
- calcul des quantités de saumures à injecter pour garantir un taux d'injection fixe (18%)

En salaison (J8) – étapes de démolage et tranchage

- pesées des rôtis après cuisson, détermination du rendement technologique ($rdt = (\text{poids du rôti cuit sans son jus de cuisson} / \text{poids viande} + \text{saumure}) * 100$)
- tranchage au trancheur automatique
- numérotation de l'ordre d'arrivée des paquets LS en sortie de la ligne de tranchage automatique (permet d'affecter une région anatomique à un paquet de tranche)
- transfert de la totalité des tranches issues de la fabrication des carrés en salle de découpe de l'IFIP

En salle de découpe IFIP (J15) – observation des défauts sur tranches

- ouverture de chaque paquet de 4 tranches LS
- estimation de la présence/absence de défauts selon une grille de classification définie par l'IFIP lors d'une précédente étude (Vautier *et al.*, 2011) :



Traitements statistiques

Les données quantitatives classiques de qualité de viande (pH1, pH ultime, couleur, conductivité) ont été successivement utilisées comme variables explicatives du rendement technologique dans les procédures REG du logiciel S.A.S V8.02 (SAS Institute).

Les spectres visible+proche infrarouge ont été traités à l'aide du logiciel MATLAB R2009a et de la toolbox SAISIR disponible sur le site <http://easy-chemometrics.fr/index.htm> (D.BERTRAND). Deux prétraitements distincts ont été appliqués aux spectres dans le but d'améliorer la précision des modèles : la procédure SNV (Standard Normal Variate) et la dérivation de premier ordre. Les critères utilisés pour évaluer la précision des modèles de prédiction sont le R² (coefficient de détermination), le RMSEC (erreur de calibration) et le RMSEV (erreur de validation). La régression PLS (Partial Least Square) a été utilisée pour la prédiction du rendement technologique. Dans l'objectif de définir des modèles à la robustesse accrue, une validation croisée a été appliquée pour la détermination du nombre de facteur PLS optimal à introduire aux modèles : une augmentation du RMSEP (RMSEP moyen pour 10 tirages aléatoires de l'échantillon de validation) se traduit par l'ajout d'un bruit néfaste à la qualité de prédiction et conditionne le nombre de facteurs PLS à inclure dans le modèle. La prédiction de la présence/absence des défauts de tranchage (défauts « tenue de tranche » et « tranche pommade ») a été réalisée par la méthode de classification PLS-DA. Le pourcentage de tranches correctement classées lors de la validation croisée est utilisé pour la détermination du nombre de facteur PLS optimal sur le même principe que le suivi du RMSEP pour la prédiction du rendement technologique.

Résultats-discussion

Résultats moyens : qualité de viande et rendements

Malgré l'absence de tri sur l'origine génétique et le niveau de pH1 des carcasses, aucune carcasse ne présente une vitesse de chute du pH caractéristique des viandes PSE. On peut toutefois noter que 11,3 % des carcasses présentent un pH mesuré à 30 minutes post mortem < 6.1 (viande tendance PSE). Le niveau de pH ultime des longes de l'essai est assez bas (m=5,47) comparativement aux résultats rencontrés en moyenne (Frotin *et al.*, 2007, m=5,65 pour le *Semimembranosus* mesuré dans 15 abattoirs) mais avec une bonne variabilité (et=0,15). La mesure de conductivité au niveau de la dernière côte est très basse ici comparativement aux résultats de Boutten *et al.* (2003) pour le *Semimembranosus* (entre 36 et 59 mS/cm) qui est également un muscle glycolytique mais dont le délai post

Tableau 2 : Résultats moyens de qualité de viande au site de référence (muscle Longissimus au niveau de la dernière côte) et rendements moyens de transformation

n=80		m	et
Temp1 (°c)		38,1	1,1
pH1		6,34	0,19
Cond1 (mS/cm)		3,68	0,40
pHu		5,47	0,15
Cond24 (mS/cm)		7,52	2,74
Taux de sel normal*	Rendement technologique (%)	89,6	3,7
	% tranches défaut « tenue »	62,8	37,0
	% tranches défaut « pommade »	26,8	28,0
Taux de sel réduit (-25%)*	Rendement technologique (%)	89,2	3,4
	% tranches défaut « tenue »	51,2	38,0
	% tranches défaut « pommade »	36,0	34,0


* estimation de l'effet du niveau de sel sur les résultats de fabrication par analyse de variance : Rdt technologique p=0.453 , % t. pommade p=0.029 , % t. tenue p=0.004

mortem était très variable dans cette dernière étude (de 1 à 7 jours). La mesure de conductivité y était réalisée perpendiculairement au sens des fibres musculaire, comme cela a pu être également pratiqué dans notre étude.

Les résultats de rendement technologique sont assez logiquement de 3 à 4 points inférieurs aux résultats de Vautier *et al.* (2011), le pH ultime moyen des longes transformées y étant de 5,61. De manière assez notable, le rendement technologique des longes transformées avec un taux de sel normal (longes droites) est d'un niveau comparable au rendement technologique des longes transformées à un taux de sel réduit (longes gauches). Un niveau de pH ultime plus élevé aurait peut être davantage produit d'écart entre les deux types de fabrications. Le pourcentage de tranches notées « pommade » est significativement supérieur pour les longes transformées à taux de sel réduit (36,0 vs 26,8, p.=0,029), ce qui met en avant toute l'importance de la qualité musculaire de la viande lorsque le taux de sel est réduit. A l'inverse, la proportion de tranche présentant un défaut de « tenue » est plus élevée dans les fabrications à taux de sel normal ce qui manque de cohérence au regard des autres résultats de transformation. La signification technologique de ce défaut est toutefois à minimiser car s'il a pu être identifié par l'IFIP lors des observations de tranches, il n'est pas considéré en tant que tel par les industriels comme un véritable défaut dégradant la qualité sensorielle du produit à l'inverse du défaut « pommade ».

Cartographie du pH ultime

Tableau 3 : Résultats pH u par site et corrélations moyenne entre chaque site et l'ensemble des sites

Série de mesure latérale			Série de mesure médiale		
m (et)	Corr. / i sites		m (et)	Corr. / i sites	
5,53 (0,16)	0,85	1	2	5,58 (0,17)	0,55
5,51 (0,14)	0,87	3	4	5,52 (0,13)	0,82
5,48 (0,14)	0,88	5	6	5,52 (0,14)	0,88
5,47 (0,15)	0,84	7	8	5,53 (0,16)	0,88
5,46 (0,13)	0,87	9	10	5,53 (0,17)	0,89
5,46 (0,13)	0,87	11	12	5,54 (0,18)	0,87
5,48 (0,14)	0,88	13	14	5,54 (0,18)	0,88
5,52 (0,15)	0,87	15	16	5,56 (0,17)	0,89
5,55 (0,17)	0,86	17	18	5,55 (0,17)	0,88

L'amplitude de variation du pH ultime en fonction des différents sites de mesure de la longe est élevée (0,12 unité pH) et ne concerne pas seulement les mesures dans le *Spinalis Thoracis* (site n°2) mais aussi les variations le long du *Longissimus*. Ces éléments renforcent l'intérêt d'une définition précise d'un site de référence pour la mesure du pH ultime sur la longe.

La moyenne des corrélations individuelles entre sites avec successivement pour référence chacun des 18 sites

est dans l'ensemble assez élevée : entre 0,82 et 0,89 si on excepte le site de mesure n°2 ($r=0,55$) qui correspond aux mesures réalisées dans un autre muscle que le *Longissimus*, le *Spinalis Thoracis*. A ce stade de l'étude nous pouvons en conclure qu'exception faite du site n°2, tous les sites de mesures testés ici sont de bons candidats à la détermination d'un site de référence pour la mesure de pH de la longe, la correspondance entre sites étant tout à fait envisageable au regard des valeurs de corrélations inter-sites.

Relation rendement technologique / cartographie du pHu

Tableau 4 : Résultats des régressions linéaire entre rendement technologique et pH ultime pour chacun des 18 sites de la longe (R^2 =coefficient de détermination ; rmse=erreur) – fabrications à taux de sel normal


Série de mesure latérale			Série de mesure médiale		
R^2	rmse		R^2	rmse	
0,47***	2,7	1	2	0,09 ^{ns}	3,5
0,48***	2,7	3	4	0,39***	2,9
0,46***	2,7	5	6	0,43***	2,8
0,41***	2,8	7	8	0,45***	2,7
0,47***	2,7	9	10	0,40***	2,9
0,44***	2,8	11	12	0,37***	2,9
0,37***	2,9	13	14	0,36***	2,9
0,36***	3,0	15	16	0,42***	2,8
0,37***	2,9	17	18	0,37***	2,9

Tableau 5 : Résultats des régressions linéaire entre rendement technologique et pH ultime pour chacun des 18 sites de la longe (R²=coefficient de détermination ; rmse=erreur) – fabrications à taux de sel réduit

Série de mesure latérale		18 sites de la longe	Série de mesure médiale		
R ²	rmse		R ²	rmse	
0,37***	2,7	1	2	0,09 ^{ns}	3,2
0,41***	2,6	3	4	0,33***	2,8
0,42***	2,6	5	6	0,42***	2,6
0,36***	2,7	7	8	0,42***	2,6
0,43***	2,6	9	10	0,40***	2,6
0,42***	2,6	11	12	0,36***	2,7
0,35***	2,7	13	14	0,37***	2,7
0,37***	2,7	15	16	0,45***	2,5
0,39***	2,7	17	18	0,38***	2,7

Les coefficients de détermination pour la prédiction du rendement technologique lors des fabrications à taux de sel normal sont assez proches dans l'ensemble (de R²=0,36 à R²=0,48), exception faite du site n°2 (R²=0,09). Conformément aux observations faites lors de l'analyse des résultats pH entre sites, le site n°2 n'est pas pertinent pour la prédiction du rendement technologique. Les sites n°3 et n°5 présentent des R² parmi les plus élevés (0,48 et 0,46, respectivement) et restent toutefois assez éloignés du site n°2 pour limiter le risque d'erreur lors de la mesure du pH en conditions industrielles. Ils constituent donc de bons candidats pour la définition d'un site de référence pour la mesure de pH ultime dans la longe et confirment le lien entre le

rendement technologique et le pH ultime de la longe mis en évidence en 2011 par Vautier *et al.* (R²=0,49). Les résultats des régressions montrent au tableau 5 une relation significative entre pHu et rendement technologique pour les fabrications à taux de sel réduit, d'un niveau comparable avec les fabrications à taux de sel normal (R²=0,41 à 0,42 pour les sites n°3 et n°5 choisis comme possibles références). Ces relations sont légèrement moins bonnes au regard des valeurs de R², mais il est important de prendre en considération le fait qu'au tableau 5 les mesures de pH prises sur les longues droites servent à prédire les rendements technologiques lors de la transformation des longues gauches, ce qui naturellement peut ajouter un certain niveau d'imprécision.

Relation rendement technologique / autres mesures de qualité (pH1, conductivité1, conductivité24, couleur)

Tableau 6 : Résultats des régressions linéaires entre rendement technologique et mesures de qualité enregistrées en site unique sur la longe (R²=coefficient de détermination ; rmse=erreur) pour les fabrications à taux de sel normal et réduit

Variable	Site	Sel normal		Sel réduit	
		R ²	RMSE	R ²	RMSE
pH1	Dernière côte	0,07*	3,6	0,06*	3,3
Temp. 1		0,15**	3,4	0,09**	3,3
Cond. 1		0,00 ^{ns}	3,7	0,00 ^{ns}	3,4
Cond. 24		0,00 ^{ns}	3,7	0,00 ^{ns}	3,4
L*	4 ^{ème} vertèbre thoracique	0,30***	3,1	0,16**	3,1
a*		0,06*	3,6	0,04 ^{ns}	3,3
b*		0,20***	3,3	0,10**	3,2
L*	Dernière vertèbre lombaire	0,17***	3,4	0,17**	3,1
a*		0,02 ^{ns}	3,7	0,01 ^{ns}	3,4
b*		0,06 ^{ns}	3,6	0,05*	3,3

Le pH1 de la longe n'explique qu'une proportion négligeable de la variabilité du rendement technologique (entre 7 % et 6 %, pour les fabrications à taux de sel normal et taux de sel réduit respectivement), alors que les mesures de conductivité qu'elles soient prises à 30 minutes ou à 24 heures post mortem ne montrent aucune relation avec le rendement technologique, quel que soit le site de mesure (résultats non présentés).

Seule la clarté (L*) du *Longissimus* mesurée au niveau de la 4^{ème} vertèbre thoracique présente un intérêt relatif pour la prédiction du rendement technologique avec 30 % de la variabilité expliquée par cette mesure pour les fabrications à taux de sel normal.

Prédiction du rendement technologique par spectroscopie visible + proche infrarouge

Après une première étape de validation croisée (n=10) nécessaire à la détermination du nombre de facteur PLS à inclure dans chaque modèle (procédure permettant d'augmenter la robustesse du modèle, Dufour *et al.*, 2006), le calibrage par PLS montre des performances contrastées pour la prédiction du rendement technologique en fonction du site anatomique. Ces modèles expliquent entre 18 % et 65 % de la variabilité du rendement pour les sites C et K respectivement (tableau 7). A l'inverse de la prédiction par la mesure de pH ultime, c'est au niveau des sites les plus postérieurs que les meilleurs résultats sont observés. Le prétraitement des spectres par dérivation d'ordre 1 permet d'augmenter sensiblement les performances de la

prédiction pour les sites J et K, alors que cette procédure n'améliore pas les résultats pour les autres sites de mesure.

La performance de la spectroscopie proche infrarouge est remarquable pour la prédiction du rendement technologique de la longe, bien au-delà de la précision qu'apporte la mesure du pH ultime, à la fois au niveau du coefficient de détermination (0,65 vs 0,48, respectivement) que de l'erreur de calibrage (2,2 vs 2,9). Ces résultats confirment les observations obtenues par Vautier *et al.* (2009) pour la prédiction du rendement technologique du jambon par l'utilisation du même type de spectroscope visible+proche infrarouge (R²=0,60).

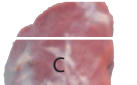

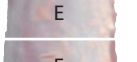
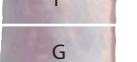
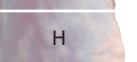

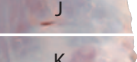


Les performances de la spectroscopie visible et proche infrarouge sont très diminuées pour la prédiction du rendement technologique des longes transformées à taux de sel réduit. Plus qu'un effet procédé, il faut certainement voir ici une spécificité de site de mesure accrue de la spectroscopie par rapport au pH ultime. En effet, concernant la mesure du pH, de légères variations de pH entre la longe droite et gauche d'un même porc peuvent être observées sans que cela n'entraîne de fortes dégradations des performances de prédiction lorsqu'on utilise les mesures réalisées sur la longe droite pour prédire le rendement technologique obtenu après transformation de la longe gauche. Cela ne semble pas être le cas pour la mesure de spectroscopie qui est probablement plus spécifique du côté sur lequel la mesure a été réalisée et apparait donc **beaucoup moins robuste que la mesure du pH ultime pour la prédiction des rendements** obtenus sur le côté opposé.

Tableau 7 : Résultats des régressions PLS pour la calibration entre spectres proche infrarouge du Longissimus et rendement technologique après sélection du nombre de facteurs PLS inclus dans le modèle par validation croisée (n=10) – fabrications à taux de sel normal

Site de mesure	Validation croisée (n=10)	Calibration			
	rmsep mini	Nb fact. PLS	Prétrait. spectres	R ²	rmsec
C	3,8	3	non	0,18	3,3
D	3,7	3	non	0,11	3,5
E	3,4	4	non	0,36	2,9
F	3,8	4	non	0,23	3,2
G	3,5	4	non	0,33	3,0
H	3,6	3	non	0,19	3,3
I	3,5	4	non	0,24	3,2
J	3,4	6	dérivée 1 ^{ère}	0,49	2,6
K	3,2	10	dérivée 1 ^{ère}	0,65	2,2

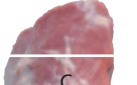


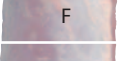
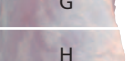






Tableau 8 : Résultats des régressions PLS pour la calibration entre spectres proche infrarouge du Longissimus et rendement technologique après sélection du nombre de facteurs PLS inclus dans le modèle par validation croisée (n=10) – fabrications à taux de sel réduit

Site de mesure	Validation croisée (n=10)	Calibration			
	rmsep mini	Nb fact. PLS	Prétrait. spectres	R ²	rmsec
 C	4,0	2	non	0,09	3,2
 D	3,4	1	non	0,01	3,3
 E	3,2	1	non	0,12	3,1
 F	3,4	2	non	0,12	3,1
 G	3,4	1	non	0,12	3,1
 H	3,4	3	non	0,20	3,0
 I	3,3	1	non	0,11	3,2
 J	3,3	3	non	0,24	2,9
 K	3,5	1	non	0,03	3,3

Répartition anatomique des défauts de structure des tranches de longues transformées

Tableau 9 : Résultats des notations de tranches de longues transformées selon la grille IFIP (défauts « tenue » et « pommade ») et par localisation anatomique – longues à taux de sel normal et réduit

Site de mesure	Sel normal		Sel réduit	
	% tranches « pommade »	% tranches « tenue »	% tranches « pommade »	% tranches « tenue »
 C	40	35	40	23
 D	49	48	57	37
 E	41	49	51	37
 F	26	59	36	52
 G	11	71	26	62
 H	11	74	26	60
 I	17	70	30	61
 J	27	72	32	56
 K	26	69	28	62

Qu'il s'agisse des fabrications à taux de sel normal ou réduit, le défaut tranches « pommade » est le plus fréquemment rencontré dans le tiers antérieur de la longe (43 % et 49 % en moyenne, contre une moyenne de 20 % et 30 % sur les deux tiers postérieurs pour les longues à taux de sel normal et réduit, respectivement). Ces résultats confirment les observations de la société Fleury Michon rapportant

des problèmes récurrents de texture de tranche dans la partie antérieure des longues. Le défaut noté « problème de tenue de tranche » par l'IFIP est très présent sur les deux types de fabrication de longues tranchées, avec une fréquence supérieure dans la moitié postérieure de la longe (48 % et 37 % pour la moitié antérieure, contre 71 % et 60,2 % pour la moitié postérieure). Ce défaut n'entraînant

pas de dégradation de l'aspect commercial du produit ni de son aspect sensoriel selon Fleury Michon, son importance reste limitée dans la détermination de la qualité technologique de la longe.

Relations entre mesures de qualité et défauts au tranchage

Le défaut « tenue » est significativement plus présent lorsque le pH ultime de la longe est bas, qu'il s'agisse d'une fabrication à taux de sel normal ou réduit. De son côté, le défaut pommade ne varie pas en fonction du niveau de pH ultime quel que soit le type de fabrication, ce qui nous indique une absence d'homologie avec le défaut « pommade » rencontré sur le jambons cuits et dont la fréquence varie significativement avec le pH ultime (Vautier *et al.*, 2011).

La mesure du pH1 ne semble pas être un bon indicateur du niveau de défaut au tranchage (pas d'effet de la classe de pH1 sur le pourcentage de défaut « pommade » et « tenue »). Il n'est pas observé non plus d'effet du génotype halothane sur la fréquence du défaut « pommade » à l'inverse de ce qui peut être observé sur muscles de jambons frais au niveau de la fréquence du défaut « jambons déstructurés » (Aubry *et al.*, 2000).

Conclusion

Parmi les mesures classiques de qualité, et ce quel que soit le site anatomique de la mesure, seul le pH ultime montre un niveau de prédiction du rendement technologique satisfaisant : pour le meilleur site (à 10 cm de l'extrémité antérieure de la longe), la mesure du pH ultime explique 48 % de la variation des résultats de rendement technologique, l'erreur de prédiction est de 2,7 points.

Le traitement des spectres visible + proche infrarouge a révélé une relation plus nette entre la prédiction du rendement par spectroscopie et le rendement technologique, que pour la prédiction par le pH ultime : le meilleur modèle explique jusqu'à 65 % de la variabilité du rendement technologique et l'erreur de calibration est de 2,2 points (modèle sélectionné par validation croisée). Ces données confirment l'intérêt de la spectroscopie proche infrarouge pour la prédiction du rendement technologique, comme Vautier *et al.* (2009) l'ont précédemment étudié sur le modèle du jambon cuit.

L'étude a également révélé la forte présence (environ 30 % des longes) d'un défaut de structure semblable au défaut « pommade » rencontré sur jambon cuit. Ce défaut est surtout localisé dans le tiers antérieur de la longe et aucune

Tableau 10 : comparaison de la fréquence des défauts « pommade » et « tenue » par classe de pH ultime (Class pH24 : 1<5,4 / 5,4<2<5,5 / 5,5<3<5,6 / 4>5,6)

		Class pH 24				p.=
		1	2	3	4	
n=		22	31	16	11	
% Pommade	Sel Normal	0,25	0,25	0,38	0,21	ns
% Tenue		0,79 _a	0,64 _a	0,60 _{ab}	0,31 _b	0,0073
% Pommade	Sel Réduit	0,40	0,36	0,43	0,20	ns
% Tenue		0,70 _a	0,56 _{ab}	0,37 _{bc}	0,20 _c	0,0013

Tableau 11 : comparaison de la fréquence des défauts « pommade » et « tenue » par classe de pH1 (1<6,0 / 6,0<2<6,3 / 3>6,3) et génotype halothane (NN vs Nn)

		Class pH 1			Hal		p.=
		1	2	3	NN	Nn	
n=		2	33	45	22	58	
Pommade	Sel normal	0,15	0,29	0,26	0,23	0,28	-
Tenue		0,34	0,61	0,65	0,54	0,66	-
Pommade	Sel réduit	0,06	0,43	0,32	0,30	0,39	-
Tenue		0,57	0,53	0,49	0,29 _a	0,59 _b	Hal**

relation majeure n'a été constatée entre le pourcentage de tranche « pommade » et les mesures de qualité étudiées ici (couleur, conductivité 30 minutes, conductivité 24 heures, pH 1, pH ultime, statut halothane). En plus de la prédiction du rendement technologique, la prédiction du défaut « pommade » de la longe tranchée et surtout la mise en place de mesures permettant de réduire sa fréquence constitue aujourd'hui un véritable enjeu pour les salaisonniers.

Remerciements

Avec le concours financier de France AgriMer.
Étude financée au titre du programme national de développement agricole et rural.

Références bibliographiques

- Alviset G., Braud J., Vidal E. 1995. Influence du pH ultime et de trios types génétiques sur la qualité du tranchage des jambons Label Rouge commercialisés en libre service. Bull. Liais. CTSCCV.vol.5 :1.
- Aubry A., Ligonesche B., Gueblez R., Gaudré D., 2000. Comparaison de porcs charcutiers NN et Nn pour les performances de croissance, carcasse et qualité de viande et l'aptitude à produire du jambon cuit. Journées de la Recherche Porcine, 32, p 361- 367.
- Boutten B. 2003. Quels paramètres faut-il suivre pour prédire le comportement technologique des différents muscles du jambon. Bull. CTSCCV.
- E. Dransfield, T.M. Ngapo, N.A. Nielsen, L. Bredahl, P.O. Sjöden, M. Magnusson, M.M. Campo, G.R. Nute. 2005. Consumer choice and suggested price for pork as influenced by its appearance, taste and information concerning country of origin and organic pig production. Meat Science, Volume 69, Issue 1, January 2005, Pages 61-70.
- Dufour E., Bertrand D. 2006. La spectroscopie proche infrarouge et ses applications analytiques. Deuxième édition. Ed. Tech et Doc. 660 pages.
- Chiavaro E., Rinaldi M., Vittadinia E., Barbantia D. 2009. Cooking of pork Longissimus dorsi at different temperature and relative humidity values: Effects on selected physico-chemical properties. JFE Vol.93.
- Frodin P., Gault E., Chevillon P., Eon Y. 2007. Mise à jour des références techniques et des recommandations sur le process d'abattage dans 15 abattoirs. Rapport d'étude. 83 pages.
- Honikel K.O. 1987. The water binding of meat. Fleischwirtschaft, 67: 1098, 1102.
- IFIP. 2000. La mesure du pH dans la viande de porc.
- Kurt E., Klont R. 2007. WHC of pork from Pietrain-sired pigs measured und different commercial slaughterhouse conditions in Germany. Fleischwirtschaft International. Vol.4.
- Minvielle B., Le Strat P., Lebreton B., Houix Y., Boulard J., Clochfert N., 2001 : Viandes déstructurées, Situation dans cinq abattoirs de l'Ouest de la France : facteurs de risque et proposition d'un modèle. Caractérisation colorimétrique, biochimique et histologique. Journées de la Recherche Porcine, 33, p95-101.
- Moeller S.J., Miller R.K., Edwards K.K., Zerby H.N., Logan K.E., Aldredge T.L., Stahl C.A., Boggess M., Box-Steffensmeier J.M. 2010. Consumer perceptions of pork eating quality as affected by pork quality attributes and end-point cooked temperature. Meat Science vol.84:14-22.
- Otto G., Roehe R., Looft H., Thoelking L., Kalm E., 2004. Comparison of different methods for determination of drip loss and their relationships to meat quality and carcass characteristics in pigs. Meat Science, 68, 401-409.
- Pinochet D., Hericher M.D., Kerisit R., 1988. Influence du pH ultime et des températures de conservation sur diverses composantes qualitatives de côtes de porc conditionnées en barquettes. JRP, vol 20, 195-200.
- Van Laack R.L.J.M., Kauffman R.G., Sybesma W., Smulders F.J.M., Eikelenboom G., Pinheiro J.C. 1994. Is colour brightness (L-value) a reliable indicator of water-holding capacity in porcine muscle? Meat Science, Volume 38, Issue 2, Pages 193-201
- Vautier A., Boulard J., Bouyssière M., Houix Y., Minvielle B. 2008. Prediction level of meat quality criteria on « pse-like zones » defect of pork's ham. 54th International Congress Of Meat Science And Technology (ICoMST). Cape Town, SA.
- Vautier A., Gault E., Lhommeau T., Vendeuvre J.L. 2009. Apports de la spectroscopie visible-proche infra rouge sur la détection précoce du défaut jambon déstructuré. Rapport d'étude.
- Vautier A., Bozec A., Gault E., Lhommeau T., Martin JL., and Vendeuvre JL. 2011. Visible spectroscopy and redox potential as alternatives of ultimate pH for cooking yield prediction. International Congress Of Meat Science And Technology (ICoMST), Ghent, Belgium.

Référence bibliographique de cet article

- Vautier A., Gault E., Lhommeau T., 2015. Aptitude technologique de la longe pour une transformation en salaison : identification des principaux prédicteurs du rendement technologique et tranchage. Cahiers IFIP, 2(2), 45-56.

