

Composition chimique des muscles de jambons frais et des jambons cuits : Influence de l'âge à l'abattage et de la classe de pH ultime

Brice MINVIELLE (1), Bruno BOUTTEN (2), Gérard ALVISET (3), Gérard DESCHODT (3),
Laurence GOUREAU (4), Jacques BOULARD (1), Pierre LE STRAT* (1), Yannick HOUIX (1)

(1) ITP, Pôle Qualité du Produit, BP 3, 35651 Le Rheu Cedex

(2) CTSCCV, 7 av. du Général Leclerc, 94704 Maisons-Alfort Cedex

(3) Fleury Michon, ZI Montifaut, 85700 Pouzauges

(4) Porcial, ZI Evre & Loire, BP 83, 49600 Beaupréau

* : Adresse actuelle : AOSTE Holding, 4 rue Edison, 69713 Bron Cedex

Composition chimique des muscles de jambons frais et des jambons cuits : Influence de l'âge à l'abattage et de la classe de pH ultime

Des porcs de même teneur en viande maigre ont été obtenus par restriction alimentaire avec 30 jours d'écart d'âge à l'abattage, mais leur poids n'a pas été identique sur l'ensemble des répétitions. Leurs jambons ont été triés en deux classes de pH ultime, et leur caractère déstructuré noté après désossage. Le *Biceps Femoris* et le *Semimembranosus* des jambons droits ont été prélevés pour analyse chimique, les jambons gauches étant analysés après transformation en jambon cuit supérieur prétranché Label Rouge. La qualité technologique des jambons a été évaluée par la mesure du pH1 et du pHu, les porcs de 155 jours ayant un pHu légèrement supérieur. La fréquence du défaut déstructuré n'est pas influencée par l'âge à l'abattage. Les jambons atteints sont caractérisés par un pH1, un pH 2h30 et un pHu bas. Les porcs abattus à 185 jours ont un rendement technologique plus faible, des pertes au tranchage moins importantes, et un rendement global légèrement supérieur. La composition chimique des jambons frais est influencée par le muscle analysé, et la classe de pHu; celle du jambon cuit l'étant par le pHu. La teneur en protéines varie avec l'âge, le pHu amplifiant cet effet lors de la cuisson. Une thermosolubilité différente du collagène expliquerait les pertes au tranchage légèrement inférieures des porcs plus âgés. La composition chimique est faiblement corrélée entre muscles frais et jambons cuits, les muscles étant mélangés pour la fabrication du jambon cuit. Toutes les analyses chimiques réalisées ont été conformes aux critères réglementaires du jambon cuit supérieur.

Chemical composition of raw ham muscles and cured-cooked hams: Influence of age at slaughter and class of ultimate pH

Dietary restriction was used to produce pig carcasses of similar lean content at different slaughter ages, 155 and 185 days. However, carcass weight was not the same for each slaughter age over the experimental repetitions. Hams were classified according to ultimate pH (low and high) and the degree of destructuring was scored after deboning. Chemical analyses were conducted on the right ham *Biceps Femoris* and *Semimembranosus* muscles, and on slices of the left cured-cooked hams processed according to the rules laid down by the 'Label Rouge'. Ham quality was evaluated by early and ultimate pH. The 155 day-old pigs had a slightly higher ultimate pH. Age at slaughter did not affect the incidence of destructured hams. Destructured hams had lower pH at 25 min, 2h30 and 24h post mortem. Pigs slaughtered at 185 days of age had slightly lower cooking yields, lower slicing losses and higher global processing yields. The chemical composition of raw ham was affected by muscle type and ultimate pH class, while cured-cooked ham chemical composition was affected by ultimate pH. Protein content was affected by age at slaughter, and this effect was amplified after cooking by ultimate pH. A difference in the thermal solubility of collagen could explain the lower slicing losses for older pigs. There was a poor correlation between the chemical composition of raw muscles and cured-cooked hams this could be explained by the fact that several muscles are used at the same time to produce a ham. All the chemical analyses performed in this study were performed in accordance with the legal criteria of 'superior quality' cured-cooked ham.

INTRODUCTION

La réglementation sur la composition chimique du jambon frais reste figée dans la réglementation officielle depuis sa mise en place en 1912. Sous l'effet de la sélection et de l'amélioration des conditions d'élevage, la composition corporelle des carcasses de porc a beaucoup évolué. Si de nombreuses études ont porté sur l'évolution de la composition chimique des tissus gras de couverture et internes, on sait peu de choses sur celle des muscles.

Cette étude réalisée avec le soutien financier de l'OFIVAL et du Conseil Général de Vendée avait pour objectifs :

- de fournir des valeurs de référence pour la composition chimique des muscles frais et du jambon cuit supérieur fabriqué à partir de ces muscles,
- de déterminer les éventuelles influences de l'âge à l'abattage et du pH ultime sur la composition chimique, et sur l'appétit à la transformation des muscles frais en jambon cuit supérieur libre service.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Animaux

Dans deux élevages, à l'été et l'automne 1999, deux lots d'environ 90 porcs de même génétique (LWLR*LWP) ont été constitués au sevrage. L'objectif était d'obtenir, par restriction alimentaire de 25 % en engraissement, des porcs ayant 30 jours d'écart d'âge à l'abattage (155 et 185 jours environ), mais de poids vif similaire (105 kg).

1.2. Abattage

Pour chaque abattage, un effectif minimal de 75 porcs était mis à jeun (12 heures minimum) et sorti sur quai (2 heures minimum) avant chargement. A l'abattoir, les porcs étaient déchargés, douchés, puis conduits à l'anesthésie après 2 à 4 heures, pour avoir 18 à 24 heures de jeûne. Le pH (pH-mètre Sydel, (Lorient, France)) était mesuré dans le *Semimembranosus* sur les 2 jambons de chaque carcasse 25 minutes et 2h30 post mortem, selon les procédures décrites par l'ITP (1998).

Le lendemain, après la découpe primaire, le pH ultime (pHu) était mesuré sur les jambons de façon à obtenir par tri :

- une classe «bas pHu» de 30 jambons gauches et droits à $\text{pHu} \leq 5,60$;
- une classe «haut pHu» de 30 jambons gauches et droits à $\text{pHu} > 5,70$.

Chaque lot ainsi constitué contenait à égalité des mâles castrés et des femelles. Pour chaque jambon, le sexe du porc, le poids de carcasse ainsi que la Teneur en Viande Maigre et ses composantes (épaisseurs de gras G1 et G2, épaisseur de muscle M2) ont été enregistrés.

1.3. Transformation

Le sur-lendemain en salaison, les jambons étaient pesés à réception, découennés, désossés, puis notés sur leur caractère «déstructuré» selon la grille habituelle (MINVIELLE et al, 2001).

Des muscles entiers des jambons droits étaient prélevés par le CTSCCV: *Semimembranosus* ou *Biceps Femoris* pour analyse chimique (humidité, lipides, protides, collagène, sucres, phosphore, cendres).

Après calcul du rendement anatomique, les muscles gauches étaient mis en fabrication en pains de jambon cuit supérieur découenné type Label Rouge. Le même protocole technologique était suivi pour tous les lots (saumurage, malaxage, positionnement des différentes noix dans le moule, cinétiques de cuisson et de refroidissement).

La semaine suivante, les pains de jambon cuit étaient pesés pour déterminer le rendement technologique, puis tranchés et mis sous barquettes de 4 tranches. Les tranches écartées par les opératrices étaient ensuite triées et pesées selon le type de défaut. Les pertes au tranchage exprimées ici correspondent aux tranches écartées pour cause de tenue, trous ou caractère pommade. Le rendement global a été également déterminé (tranches commercialisables/jambons bruts).

Pour chaque pain de jambon cuit, trois barquettes réparties sur l'ensemble du pain, étaient prélevées par le CTSCCV pour test rhéologique, et analyse chimique (humidité, protéine, collagène, lipide, nitrite, nitrate, chlorure, sucres, phosphore).

1.4. Analyses statistiques

Les facteurs (saison, élevage, sexe, âge, classe de pHu) pouvant influencer les résultats zootechniques (poids, TVM et ses composantes), les mesures de pH (à 25 minutes, 2h30 et 24 heures) et les critères de transformation (rendement technologique et global, pertes au tranchage) ont été testés par analyse de variance (procédure GLM (SAS, 1999)). Les comparaisons de moyennes multiples ont été réalisées avec le test de Tukey.

Des calculs de coefficients de corrélation entre certaines variables quantitatives (pH, rendements,...) ont été également effectués (procédure CORR (SAS,1999)).

Certains facteurs pouvant influencer la fréquence d'apparition du défaut viandes déstructurées ont été testés par test du Chi-deux (procédure FREQ (SAS,1999)).

Enfin, l'influence des facteurs étudiés (saison, élevage, âge, classe de pHu, type du muscle) sur les résultats des analyses chimiques sur muscles frais ou jambon cuit a été également testée par analyse de variance et comparaison de moyennes.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Résultats zootechniques

L'objectif de poids de carcasse similaire n'a pas été atteint (tableau 1), les porcs abattus à 155 jours ayant en moyenne 3 kilos de carcasse de moins que ceux abattus à 185 jours ($p < 0,1$ %). A la répétition d'automne, les porcs abattus à 155 jours étaient moins lourds que prévus ($p < 0,1$ %), mais un poids moyen identique a été obtenu au printemps. Les

poids de carcasse n'étaient pas différents entre mâles castrés et femelles, à âge identique.

Malgré l'écart d'âge dû au rationnement, la teneur en viande maigre (TVM) et ses composantes G1, G2 et M2 ne sont pas différentes entre 155 et 185 jours. Ce résultat est contraire à la bibliographie (LEBRET et al, 2000) qui relate une TVM plus élevée chez des porcs rationnés en engraissement, de même poids mais 30 jours plus âgés.

2.2. Transformation

2.2.1. Qualité technologique

Les valeurs moyennes de pH1 n'étant pas différentes, on peut supposer que le niveau de stress avant et pendant l'abattage a été identique quels que soient la saison, l'éleva-

ge, et l'âge des porcs (tableau 2). En revanche, le pH1 moyen des jambons gauches est plus bas ($p < 5\%$) que celui des jambons droits, les muscles gauches sollicités lors de l'accrochage en bout de table de saignée produisant plus d'acide lactique.

Les valeurs moyennes de pHu ne diffèrent pas selon la saison ou l'élevage, les durées de mise à jeun ont donc été équivalentes. La différence de pHu ($p < 0,1\%$) entre les porcs abattus à 155 et 185 jours laisse penser que les animaux abattus plus jeunes ont des réserves énergétiques moins importantes, à durées de jeûne et d'attente équivalentes.

Le pH pris à 2h30 montre que les jambons gauches sont plus acides que les jambons droits ($p < 0,1\%$), cette observation étant à rapprocher de celle faite pour le pH1. Les résultats divergents concernant les effets saison, sexe, élevage et âge

Tableau 1 - Résultats zootechniques

Age à l'abattage (effectif)	155 jours (330 carcasses)	185 jours (307 carcasses)
Poids moyen carcasse [écart-typé] en kg : Global	86,0 ^a [6,2]	89,2 ^b [7,7]
Répétition automne	83,1 [5,5]	89,0 [7,2]
Répétition printemps	88,9 [5,3]	89,4 [8,3]
Teneur en viande maigre [écart-typé]	60,2 ^a [2,2]	60,1 ^a [2,7]
G1 [écart-typé] en mm	17,2 ^a [2,5]	17,0 ^a [3,2]P
G2 [écart-typé] en mm	15,9 ^a [2,7]	15,8 ^a [3,2]
M2 [écart-typé] en mm	55,7 ^a [5,7]	55,3 ^a [6,2]

Les moyennes diffèrent significativement à 5 % lorsqu'elles sont affectées de lettres différentes

Tableau 2 - Valeurs moyennes de pH et corrélations

Valeurs moyennes	pH1 [écart - type]	pH2h30 [écart - type]	pHu [écart - type]
Saison1 (n=623)	6,56 ^a [0,22]	6,41 ^a [0,27]	5,77 ^a [0,18]
Saison 2 (n=606)	6,58 ^a [0,23]	6,37 ^b [0,29]	5,78 ^a [0,19]
Elevage 1 (n=602)	6,57 ^a [0,22]	6,41 ^a [0,29]	5,78 ^a [0,16]
Elevage 2 (n=627)	6,57 ^a [0,22]	6,37 ^b [0,28]	5,78 ^a [0,20]
Femelles (n=621)	6,55 ^a [0,23]	6,40 ^a [0,28]	5,76 ^a [0,18]
Mâles castrés (n=608)	6,59 ^b [0,22]	6,39 ^a [0,28]	5,79 ^b [0,19]
Jambon droit (n=616)	6,58 ^a [0,22]	6,42 ^a [0,28]	5,78 ^a [0,18]
Jambon gauche (n=613)	6,55 ^b [0,23]	6,37 ^b [0,29]	5,77 ^a [0,19]
155 jours d'âge (n=637)	6,57 ^a [0,22]	6,42 ^a [0,28]	5,80 ^a [0,19]
185 jours d'âge (n=592)	6,57 ^a [0,22]	6,36 ^b [0,29]	5,75 ^b [0,18]
Jambons bas pHu (n=480)	6,54 ^a [0,22]	6,34 ^a [0,30]	5,62 ^a [0,07]
Jambons haut pHu (n=480)	6,60 ^b [0,21]	6,44 ^b [0,26]	5,90 ^b [0,10]
Corrélations	pH1	pH2h30	pHu
Jambon droit - gauche	0,68 (n=638)	0,81 (n=635)	0,84 (n=635)
pH1	1 (n=1274)	0,63 (n=1267)	0,11 (n=1231)
pH2h30		1 (n=1269)	0,17 (n=1231)
pHu			1 (n=1231)

Les moyennes diffèrent significativement à 5 % lorsqu'elles sont affectées de lettres différentes

d'abattage suggèrent que le pH1 et pH2h30 sont peu liés, ce qui est confirmé par leur faible coefficient de corrélation.

Le tri après la découpe primaire a permis d'obtenir une différence de 0,3 entre les deux classes de pHu ($p < 0,1$ %). Le pHu moyen de la classe «bas pHu», plus élevé que prévu, se rapproche davantage d'un pHu acceptable que d'un pHu bas.

Les viandes déstructurées se retrouvent essentiellement dans les viandes à $\text{pHu} \leq 5,60$, mais d'autres facteurs de risques existent (poids de carcasse ou de jambon, teneur en viande maigre, génotype au locus Hal,...), mais leur origine n'est toujours pas connue (FRANCK et al., 1999, 2000 ; AUBRY et al, 2000 ; LE ROY et al, 2001 ; MINVIELLE et al, 2001).

Les jambons «déstructurés», notés 3 et 4, représentent moins de 4 % de l'ensemble des jambons examinés (tableau 3), alors que la fréquence avait été estimée à 17 % en 1999 (MINVIELLE et al, 2001). Malgré ce très faible pourcentage, qui s'explique par le niveau élevé des pHu observés, la fréquence d'apparition du défaut déstructuré n'apparaît pas influencée par l'âge à l'abattage.

Les pH moyens diminuent lorsque la déstructuration augmente (tableau 3), comme cela l'a déjà été rapporté (BALAC et al, 1998 ; FRANCK et al, 2000 ; LE ROY et al, 2001 ; MINVIELLE et al, 2001) ; les différences ne sont pas significatives pour les jambons notés 4 en raison des faibles effectifs.

2.2.2. Aptitude à la transformation

Le rendement technologique, les pertes au tranchage et le rendement global diffèrent significativement selon la classe

de pHu des jambons bruts (tableau 4). Ceci s'explique par l'écart de pHu entre les deux classes, celui-ci étant très fortement corrélé avec ces critères technologiques (ALVISET et al, 1995). La corrélation entre pHu et rendement technologique est ici de 0,71, la corrélation entre rendement technologique et rendement global étant de 0,77, et celle entre les pertes au tranchage et le rendement global de - 0,91. Avec des corrélations inférieures à 0,2, le pH pris à 25 minutes ou 2h30 est un très mauvais prédicteur du rendement technologique, des pertes au tranchage et du rendement global.

Les procédés technologiques mis en œuvre ayant été globalement similaires, le rendement technologique ne diffère pas entre les deux saisons. La différence de rendement global est certainement due à des différences de parage, de désossage et/ou de tri des tranches non comptabilisées dans les pertes au tranchage.

Les écarts inverses de rendement technologique et de pertes au tranchage entre les deux élevages se compensent, les rendements globaux étant identiques. Ces résultats suggèrent une variation due au facteur humain (équipes de désossage et opératrices au tranchage différentes).

En raison de leur pHu plus élevé, les animaux abattus à 155 jours ont un rendement technologique légèrement supérieur. Leurs pertes au tranchage auraient dû être plus faibles et leur rendement global logiquement plus élevé, or un résultat contraire est observé. Ceci s'explique partiellement par un pourcentage de pertes au tranchage anormalement faible (2,5 % au lieu de 10-12 %) pour la classe à bas pHu lors d'une répétition concernant les porcs abattus à 185 jours. Cependant, les écarts de pertes au tranchage sont néanmoins légèrement plus faibles entre les deux classes de pHu pour les

Tableau 3 - Fréquences de notation des jambons déstructurés

Note de déstructuration	Bon	Moyen +	Moyen -	Déstructuré	Niveau de signification
Effectif	825	100	27	8	
Global	86,0 %	10,4 %	2,8 %	0,8 %	
Saison 1	86,0 %	10,9 %	2,7 %	0,4 %	NS
Saison 2	85,8 %	10,0 %	2,9 %	1,3 %	
Elevage 1	86,1 %	10,8 %	2,3 %	0,8 %	NS
Elevage 2	85,9 %	10,0 %	3,3 %	0,8 %	
Femelles	85,5 %	11,1 %	2,7 %	0,7 %	NS
Mâles castrés	86,3 %	9,7 %	2,9 %	1,1 %	
Jambons gauches	88,4 %	8,3 %	2,5 %	0,8 %	NS
Jambons droits	83,6 %	12,5 %	3,1 %	0,8 %	
155 jours	85,2 %	11,5 %	2,5 %	0,8 %	NS
185 jours	86,7 %	9,4 %	3,1 %	0,8 %	
Jambons bas pHu	74,4 %	18,3 %	5,6 %	1,7 %	***
Jambons haut pHu	97,5 %	2,5 %	0,0 %	0,0 %	
pH1 à 25 minutes	6,59 ^a	6,50 ^b	6,33 ^c	6,22 ^{abc}	$p < 0,1$ %
pH à 2h30	6,43 ^a	6,21 ^b	6,06 ^b	5,96 ^{ab}	$p < 0,1$ %
pH ultime	5,79 ^a	5,63 ^b	5,57 ^b	5,53 ^{ab}	$p < 0,1$ %

Les moyennes ajustées affectées de lettres différentes sont significativement différentes à 5 %

Tableau 4 - pH ultime et aptitude à la transformation

	pHu	Rendement technologique	Pertes au tranchage	Rendement Global
Ensemble	5,76	95,2 %	6,7 %	50,3 %
Jambons bas pHu	5,62 ^a	93,2 ^a %	9,4 ^a %	47,8 ^a %
Jambons haut pHu	5,90 ^b	97,3 ^b %	3,9 ^b %	52,7 ^b %
Saison 1	5,75 ^a	95,3 ^a %	6,8 ^a %	50,9 ^a %
Saison 2	5,77 ^a	95,1 ^a %	6,5 ^a %	49,7 ^b %
Elevage 1	5,76 ^a	95,5 ^a %	7,2 ^a %	50,1 ^a %
Elevage 2	5,76 ^a	94,9 ^b %	6,1 ^b %	50,5 ^a %
155 jours	5,78 ^a	95,9 ^a %	8,3 ^a %	49,9 ^a %
185 jours	5,74 ^b	94,6 ^b %	5,1 ^b %	50,7 ^b %

Les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes à 5%.

animaux abattus à 185 jours que pour ceux abattus à 155 jours (écart-type de 3,0 contre 4,4). Les pertes au tranchage lui étant très fortement corrélées, le rendement global des jambons issus de porcs abattus à 185 jours est très légèrement supérieur à celui de ceux abattus à 155 jours.

2.3. Composition chimique

2.3.1. Composition chimique des muscles frais

La composition chimique varie fortement ($p < 0,1$ %) selon le type de muscle (*Biceps Femoris* ou *Semimembranosus*), les structures des fibres musculaires et du tissu conjonctif étant différentes (tableau 5). Les teneurs en humidité et protéines sont plus faibles, et les teneurs en matières grasses et collagène plus élevées que celles rapportées par LEBRET et al. (2000) pour le *Biceps Femoris*.

La classe de pHu du jambon a également une forte influence sur la composition chimique, le pHu étant étroitement lié à la glycogénolyse pré et post-abattage et donc aux teneurs en molécules énergétiques (glucides solubles totaux, glucides totaux et phosphore) (MONIN et al, 1988). Celles-ci varient donc ($p < 0,1$ %) en fonction de la classe de pHu du jambon. La corrélation entre le pHu et la concentration en sucres

totaux est ainsi de -0,62, et de -0,52 pour les sucres solubles totaux. Malgré l'écart de pHu entre les deux classes, la teneur en humidité n'est pas plus faible et la teneur en protéines n'est pas plus importante dans les muscles à bas pHu.

Les porcs abattus à 185 jours ont plus de protéines ($p < 0,1$ %) mais moins de collagène ($p < 1$ %), et donc un rapport Collagène/Protéines plus faible ($p < 5$ %). Ils ont également une teneur en glucides totaux supérieure ($p < 0,1$ %), expliquant leur pHu plus faible.

La composition chimique des jambons bruts n'est pas influencée par le sexe, sauf sur la teneur en protéines ($p < 5$ %).

La teneur en matières grasses du *Biceps Femoris* ne diminue pas avec l'écart d'âge du au rationnement, contrairement aux résultats de la bibliographie (LEBRET et al, 2000) ; en revanche comme rapporté par CANDEK-POTOKAR et al (1998), sa teneur en collagène diminue.

2.3.2. Composition chimique du jambon cuit

La composition chimique du produit fini ne porte que sur les classes d'âge et de pHu, les composantes muscle et sexe ayant disparu au malaxage.

Tableau 5 - Composition chimique des muscles frais

Facteur	Sexe		Muscle		pHu		Age	
	Mâle	Femelle	BF	SM	Bas	Haut	155 j.	185 j.
Matières grasses (%)	3,21 ^a	3,17 ^a	4,18 ^a	2,20 ^b	3,11 ^a	3,27 ^a	3,20 ^a	3,18 ^a
Humidité (%)	74,43 ^a	74,29 ^a	74,04 ^a	74,68 ^b	74,28 ^a	74,44 ^a	74,43 ^a	74,29 ^a
Protéines (%)	21,09 ^a	21,27 ^b	20,55 ^a	21,81 ^b	21,23 ^a	21,13 ^a	21,06 ^a	21,30 ^b
Phosphore (%)	0,50 ^a	0,50 ^a	0,49 ^a	0,51 ^b	0,51 ^a	0,50 ^b	0,50 ^a	0,50 ^a
Collagène (%)	0,83 ^a	0,83 ^a	0,95 ^a	0,71 ^b	0,83 ^a	0,82 ^a	0,86 ^a	0,79 ^b
Glucides Solubles Totaux (%)	0,25 ^a	0,26 ^a	0,24 ^a	0,27 ^b	0,30 ^a	0,22 ^b	0,26 ^a	0,26 ^a
Glucides Totaux (%)	0,42 ^a	0,44 ^a	0,41 ^a	0,46 ^b	0,49 ^a	0,38 ^b	0,41 ^a	0,46 ^b
Cendres (%)	1,13 ^a	1,13 ^a	1,12 ^a	1,14 ^b	1,13 ^a	1,13 ^a	1,13 ^a	1,13 ^a
Humidité Produit Dégraissé (%)	76,73 ^a	76,76 ^a	77,34 ^a	76,15 ^b	76,75 ^a	76,74 ^a	76,65 ^a	76,84 ^a
Rapport Col/P	3,94 ^a	3,94 ^a	4,69 ^a	3,19 ^b	3,95 ^a	3,94 ^a	4,08 ^a	3,80 ^b

Les moyennes ajustées affectées de lettres différentes sont significativement différentes à 5 %

La plupart des résultats d'analyses chimiques est très fortement influencée ($p < 0,1 \%$) par la classe de pHu du jambon frais (tableau 6). Ceci s'explique d'une part par le lien entre le pHu et les teneurs en sucres, et d'autre part par les conséquences du pHu sur la solubilité des protéines, la teneur en eau et le PCL (Protéines-Collagène/100-Lipides).

Conformément aux résultats obtenus sur muscles frais, plus le pHu du jambon frais est bas, plus la teneur en sucres dans le jambon cuit est importante (corrélation de $-0,60$ et $-0,38$ entre pHu et sucres totaux et sucres solubles totaux).

L'influence du pHu sur la solubilisation des protéines se traduit au niveau de la rétention d'eau : plus les protéines musculaires ont un pH proche de leur point isoélectrique, moins elles retiennent l'eau. La teneur en humidité est ainsi plus faible dans le jambon cuit fabriqué à partir de jambons à «bas» pHu (corrélation de $0,63$ entre pHu et teneur en humidité). Le pourcentage d'eau étant plus faible, un taux de protéines plus important est observé sur le produit cuit (corrélation de $-0,62$), les protéines ne migrant pas simultanément. La teneur en matières grasses n'étant pas affectée par la classe de pHu, le PCL est plus élevé lorsqu'il s'agit de jambons à «bas» pHu ($p < 0,1 \%$). De même, le taux de phosphore n'étant pas influencé par la classe de pHu, la teneur en phosphore ajouté ($\text{Phosphore} - 0,024 \times \text{Protéines} \leq 0$) est plus faible pour les jambons fabriqués à partir de matière première à bas pHu.

L'effet du pHu sur la teneur en nitrites ($p < 0,1 \%$) pourrait s'expliquer par une plus grande instabilité des ions NO_2^- à bas pH et celui sur la teneur en NaCl ($p < 5 \%$) par une différence de teneur en humidité.

Le lien entre pHu de la matière première et teneurs en humidité et protéines explique une partie du lien entre pHu et rendement technologique. Les corrélations entre teneur en humidité et en protéines et le rendement technologique sont ainsi

respectivement de $0,63$ et de $-0,56$, alors qu'elle est de $0,82$ entre le pHu et le rendement technologique.

L'influence de l'âge sur les teneurs en humidité ($p < 0,1 \%$), protéines ($p < 5 \%$), nitrites ($p < 5 \%$), et le PCL ($p < 1 \%$) s'explique en partie par l'écart de pHu entre porcs abattus à 185 et 155 jours ($-0,04$). La teneur en matières grasses plus élevée des animaux plus âgés qui ont été restreints ($p < 0,1 \%$) suggère une teneur plus importante en acides gras saturés, au point de fusion plus élevé, contrairement aux observations de KONDRACKI (2000). La teneur en collagène des jambons cuits est plus faible chez les porcs jeunes, contrairement aux résultats obtenus sur muscles frais. Ceci suggère une thermosolubilité du collagène supérieure chez les animaux jeunes (BAILEY et LIGHT, 1989 ; LEBRET et al, 2000), une différence due au parage n'étant pas exclue.

La répétition a une influence importante sur la plupart des analyses sur produit fini ($p < 0,1 \%$) (résultats non présentés). Cet effet, peu ou pas présent sur la matière première, s'explique certainement par des différences de parage (gras intermusculaire et conjonctif) entre répétitions sur les autres muscles entrant également dans la fabrication du jambon, induisant des teneurs en matières grasses, collagène et cendres différentes. Une variation au niveau du process n'est pas exclue malgré les rendements technologiques similaires, les teneurs en glucides, NaCl, NaNO_2 et NaNO_3 étant différentes.

2.3.3. Influence de la composition chimique de la matière première sur celle du produit fini

Les liens existants entre la composition chimique des muscles frais prélevés sur les jambons droits et la composition chimique du jambon cuit fabriqué à partir des jambons gauches sont plutôt faibles. Seules les teneurs en glucides totaux et en protéines du jambon cuit sont significativement corrélées avec celles de la matière première ($0,68$ et $0,59$

Tableau 6 - Composition chimique du jambon cuit

Facteur	pHu		Age	
	Bas	Haut	155 j.	185 j.
Modalité				
Matières grasses (%)	2,84 ^a	2,63 ^a	2,49 ^a	2,98 ^b
Humidité (%)	72,77 ^a	73,85 ^b	73,77 ^a	72,85 ^b
Protéines (%)	21,23 ^a	20,70 ^b	20,82 ^a	21,11 ^b
Phosphore	0,45 ^a	0,45 ^a	0,45 ^a	0,45 ^a
Collagène	0,89 ^a	0,92 ^b	0,88 ^a	0,93 ^b
Glucides Solubles Totaux (%)	0,49 ^a	0,42 ^b	0,45 ^a	0,46 ^a
Glucides Totaux (%)	0,63 ^a	0,54 ^b	0,58 ^a	0,60 ^a
Cendres (%)	2,84 ^a	2,79 ^a	2,80 ^a	2,82 ^a
NaCl (%)	1,99 ^a	1,89 ^b	1,93 ^a	1,97 ^a
NaNO_2 (%)	15,99 ^a	31,55 ^b	25,30 ^a	22,24 ^b
NaNO_3 (%)	7,11 ^a	7,74 ^a	6,90 ^a	7,96 ^a
Rapport PCL	20,93 ^a	20,32 ^b	20,45 ^a	20,80 ^b
Force cisaillement (Fmax)	7,91 ^a	7,05 ^a	6,93 ^a	8,03 ^a

Les moyennes ajustées affectées de lettres différentes sont significativement différentes à 5 %

respectivement). Ces résultats s'expliquent par le fait que les analyses sur jambon frais ont été réalisées sur les deux muscles majoritaires du jambon en négligeant la diversité apportée par les autres muscles. De plus, le *Biceps Femoris* et le *Semimembranosus* n'ont pas eu le même traitement technologique que les petits muscles, notamment au niveau du parage (conjonctif, matière grasse).

CONCLUSION

L'objectif d'obtenir des porcs de même poids malgré 30 jours d'écart d'âge à l'abattage n'a pas été atteint sur l'ensemble des répétitions, mais les caractéristiques corporelles des porcs étaient équivalentes (TVM et ses composantes), quels que soient l'élevage, la saison ou le plan de rationnement.

Malgré la faible fréquence observée de jambons déstructurés (4 %), nos résultats confirment que les viandes déstructurées se situent essentiellement dans les jambons à pH ultime bas, et à pH2h30 et pH1 bas, même si elles ne sont pas liées formellement au caractère PSE des jambons. Enfin, l'âge ne saurait être incriminé dans la fréquence d'apparition du défaut déstructuré.

Les différences de rendement technologique, de pertes au tranchage, et de rendement global constatées entre les deux classes de pHu, ainsi que les corrélations trouvées entre ces critères, confirment que le pH ultime est un bon indicateur de la qualité technologique de la viande. L'âge à l'abattage ne semble pas avoir d'influence notable sur l'aptitude des jambons à leur transformation, les pertes au tranchage légèrement plus faibles pour les jambons issus de porcs abattus à 185 jours ayant peu d'influence sur le rendement global.

Des différents facteurs étudiés pour la composition chimique des jambons frais ou cuits, c'est le pHu qui a l'influence la plus significative. La teneur en glucides totaux de la matière première est ainsi fortement influencée par la classe de pHu, en raison du lien existant entre ce métabolite et le pHu. L'influence du pHu sur les teneurs en protéines et en humidité

de la matière première et du produit fini s'explique par une concentration en protéines par perte d'eau, amplifiée lors de la cuisson, dans les jambons à bas pHu. Les conséquences de cette augmentation du taux de protéines lorsque le pH ultime diminue sont :

- une augmentation du rapport PCL, qui doit être supérieur ou égal à 20 % dans la réglementation jambon cuit supérieur ;
- une diminution de la teneur en phosphore ajouté, qui doit être inférieure ou égale à 0 ;
- une augmentation de la teneur en glucides totaux, qui doit être inférieure ou égale à 1 %.

Toutes les analyses réalisées dans cette étude sur le produit fini ont été conformes à ces trois critères réglementaires de la composition chimique du jambon cuit supérieur.

La composition chimique de la matière première est fortement influencée par le type de muscle analysé, mais cette composante muscle disparaît dans la fabrication du jambon cuit supérieur.

L'âge des porcs à l'abattage influence également la composition chimique de la matière première et celle du produit fini. Les muscles de porcs abattus à 185 jours ont ainsi plus de protéines et moins d'eau que ceux abattus à 155 jours, phénomène s'amplifiant à la cuisson, en raison notamment de l'écart de pHu.

La teneur en collagène est plus élevée dans les muscles frais des porcs abattus à 155 jours, mais leur collagène semble plus thermosoluble, les jambons cuits des porcs de 185 jours contenant plus de collagène après cuisson. Cette différence de teneur en collagène pourrait expliquer les pertes au tranchage plus faibles chez les animaux plus âgés.

L'écart d'âge entraîne des différences de compositions chimiques, mais elles ne sauraient être comparées avec celles induites par la classe de pH ultime de la matière première, ou par le type de muscle analysé.

BIBLIOGRAPHIE

- ALVISET G., BRAUD J., VIDAL E., 1995. Bull. Liaison CTSCCV, 5, 1, 10-24.
- AUBRY A., LIGONESCHE B., GUEBLEZ R., GAUGRE D., 2000. Journées Rech. Porcine en France, 32, 361-367.
- BAILEY A.J., LIGHT N.D., 1989. Connective tissue in meat and meat products. Elsevier Applied Science, London, 355p.
- BOUTTEN B., RIPOCHE A., VENDEUVRE J.L., 1998. Viandes Prod. Carnés, 19, 5, 211-214.
- CANDEK-POTOKAR M., ZLENDER B., BONNEAU M., 1998. Journées Rech. Porcine en France, 29, 391-396.
- FRANCK M., BENARD G., FERNANDEZ X., et al., 1999. Journées Rech. Porcine en France, 31, 331-338.
- FRANCK M., MONIN G., LEGAULT C., 2000. Journées Rech. Porcine en France, 32, 345-349.
- KONDRACKI S., 2000. Pig News and Information, 21-3, 105-108N.
- LEBRET B., JUIN H., NOBLET J., BONNEAU M., 2000. Journées Rech. Porcine en France, 32, 329-335.
- LE ROY P., MONIN G., KERISIT R., et al., 2001. Journées Rech. Porcine en France, 33, 103-110.
- MINVIELLE B., LE STRAT P., LEBRET B., HOUIX Y., et al., 2001. Journées Rech. Porcine en France, 33, 95-101.
- MONIN G. 1988. Journées Rech. Porcine en France 1988, 20, 201-214.
- SAS, 1999. SAS OnlineDoc Version 8, SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.