

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

B. MINVIELLE (1), P. LE STRAT (1)*, Bénédicte LEBRET (2), Y. HOUIX (1),
J. BOULARD (1), Nathalie CLOCHEFERT (2)

(1) I.T.P., Pôle Qualité - B.P. 3, 35651 Le Rheu Cedex

(2) I.N.R.A., Unité Mixte de Recherches sur le Veau et le Porc - 35590 Saint Gilles

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

Des observations ont été effectuées dans 5 abattoirs industriels de l'Ouest de la France sur 3740 jambons provenant de 44 lots d'abattage différents, afin d'estimer la fréquence d'apparition des viandes déstructurées. Le défaut touche sévèrement ou totalement les muscles de 17% des jambons observés, 83% de ces jambons déstructurés ayant un pH ultime inférieur à 5,60. Des facteurs de risque d'apparition du défaut ont été identifiés : pH ultime du jambon, épaisseurs de maigre et de gras dorsal et poids de carcasse, par ordre d'importance décroissante. Un modèle de régression incluant ces facteurs a permis de confirmer leur importance dans l'apparition du défaut : la concordance entre la notation prédite par la modélisation et la notation subjective de déstructuration est de 78%.

Des analyses colorimétriques, biochimiques et histologiques complémentaires ont été réalisées sur 150 jambons. A pH ultime équivalent, la luminosité (L*) et l'intensité de coloration jaune (b*) augmentent progressivement avec l'importance de la déstructuration; l'intensité de coloration rouge (a*) est plus élevée dans les muscles présentant le défaut. Les muscles très déstructurés présentent un potentiel glycolytique supérieur à celui rapporté sur les jambons sains (+9%). Les analyses histologiques révèlent une augmentation des espaces interfibrillaires et une hypercontraction des fibres musculaires, confirmant que la déstructuration se rapprocherait d'une lésion de type PSE localisée dans les muscles profonds de la cuisse.

En conclusion, cette étude a permis de mettre en évidence des facteurs de risque d'apparition du défaut déstructuré, cependant des études complémentaires sont nécessaires pour identifier l'origine de ce défaut.

Deconstructed meat: the situation in five slaughterhouses in western France ; risk factors and a proposed prediction model ; colorimetric, biochemical and histological characterisation

In order to assess the frequency of deconstructed meat, data from 3740 hams produced after 44 slaughter runs were collected in 5 slaughterhouses located in western France. A total of 17% of hams were severely or totally deconstructed, in addition 83% of the deconstructed hams had an ultimate pH lower than 5.60. Risk factors associated with the appearance of this defect were : ham ultimate pH, muscle and subcutaneous fat depth over the 3-4th rib and carcass weight (decreasing order of importance). A regression model including these factors was calculated. There was 78% agreement between the prediction estimated by the model and visual appreciation. This confirmed the importance of the factors identified as being important in the appearance of the defect.

Additional colorimetric, biochemical and histological analyses were performed on 150 hams. At equivalent ultimate pH, the lightness (L*) and yellowness (b*) increased progressively with deconstruction, and deconstructed muscles exhibited higher redness (a*) scores. Glycolytic potential was increased in deconstructed (+9%) compared to normal muscles. Histological observations indicated larger intermyofibrillar spaces and hypercontraction of muscle fibres in deconstructed muscles, confirming that this defect may be comparable to the PSE defect affecting internal ham muscles.

In conclusion, risk factors that influence the appearance of deconstruction have been identified in this study, however further work is needed to identify the origin of this defect.

INTRODUCTION

La production de jambon cuit supérieur «prétranché et préemballé» connaît une très forte croissance (+350 % entre 1990 et 1999). Les salaisonniers se plaignent parallèlement d'un défaut croissant qui n'est détectable qu'après désossage des jambons, et qu'ils nomment «jambon déstructuré» (BALAC et al, 1998). Les muscles touchés ont perdu leur aspect fibreux au profit d'une masse musculaire apparemment sans structure organisée et molle (FRANCK et al, 1999). La couleur est également fortement modifiée : la viande apparaît très pâle et grisâtre. Cette altération se rapprocherait de lésions de type PSE (pâle, molle, exsudative) des muscles profonds du jambon (BALAC et al, 1998; FRANCK et al, 1999). Ce défaut entraîne l'apparition de zones à faible cohésion après cuisson, se traduisant par des pertes importantes (tranches trouées ou déchirées) lors du tranchage mécanique des jambons.

Les critères de qualité habituels (pH, couleur,...) mesurés sur la matière première (carcasse ou jambon entier) semblent insuffisants pour détecter de manière précoce et exhaustive les viandes touchées.

Sollicité par les industriels, l'ITP a réalisé avec le soutien de l'OFIVAL une étude ayant un objectif double:

- établir la fréquence d'apparition de ce défaut dans les conditions normales d'exploitation des entreprises d'abattage de l'Ouest de la France, et en dégager les facteurs de variation;
- caractériser ce défaut au niveau de la composition biochimique et de l'analyse histologique des tissus musculaires et conjonctifs.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Dispositif expérimental

De juin 1998 à août 1999, 3740 jambons (un par porc) ont été observés. Ils provenaient de 44 lots abattus dans 5 abattoirs industriels de l'Ouest de la France, représentant 31 % de l'abattage national. Les lots d'animaux étaient issus de 11 types génétiques différents (3 races pures, 3 types génétiques croisés F1 et 5 produits terminaux), dont les effectifs variaient de 36 à 814 jambons. L'objectif n'était pas de comparer les types génétiques entre eux sur le critère déstructuré, mais de représenter la variété des types génétiques rencontrés en France.

1.2. Mesures en abattoir, notation du caractère déstructuré

Pour chaque jambon, le génotype et le sexe de l'animal, 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.

Le pH ultime (pHu) du muscle *Semimembranosus* était mesuré 48 h post mortem sur les carcasses ou sur les jambons entiers avant désossage (pH-mètre Sydel (Lorient, France), électrode de pénétration au Xerolyt), selon les procédures décrites par l'ITP (1998).

Après désossage et parage des jambons, le caractère déstructuré était noté par un opérateur unique, en utilisant la grille de BARBRY (BOULARD: communication personnelle), comportant 4 notes:

- 1 - (Bon) : jambon ne présentant pas le défaut déstructuré;
- 2 - (Moyen+) : le défaut est visible, superficiel, localisé sur le *Semimembranosus*,
- 3 - (Moyen-) : le *Semimembranosus* est très altéré et le défaut touche d'autres muscles du jambon;
- 4 - (Déstructuré) : les muscles du jambon sont déstructurés.

Les jambons notés 3 et 4 seront dénommés «déstructurés» dans la suite du texte.

1.3. Analyses biochimiques et histologiques

Parmi les 3740 jambons étudiés, 150 jambons répartis en 30 séries de 5 jambons (intra-lot d'abattage) ont subi des analyses biochimiques et histologiques complémentaires. Ces séries provenaient de 3 des 5 abattoirs participant à l'étude, et correspondaient du point de vue génétique aux trois produits terminaux les plus courants. Chaque série comprenait un jambon de chacune des 5 classes décrites dans le tableau 1, avec un maximum de 5 séries par lot abattu. Cette répartition permettait de distinguer l'effet pH (comparaison des classes 0 et 1) de l'effet déstructuration (comparaisons des classes 1 à 4).

Tableau 1 - Définition des cinq classes de jambons étudiées (analyses biochimiques et histologiques)

| Classe | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|-------------------|---|------------|---|---|
| Notation | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| pH ultime | 5,70 < pHu < 5,80 | | pHu < 5,60 | | |

Sur chaque jambon ainsi sélectionné, un échantillon d'environ 100 g était prélevé sur la face interne du muscle *Semimembranosus*. Les paramètres de couleur (luminosité L*, chromaticité a* et b*) étaient mesurés au moment du prélèvement (chromamètre Minolta CR300, Osaka, Japon), à environ deux centimètres de la surface interne du muscle, les valeurs de L*a*b* retenues correspondant à la moyenne de trois mesures au même endroit. L'échantillon était stocké à 4 °C jusqu'au laboratoire. Un échantillon de muscle destiné aux analyses histologiques était alors prélevé parallèlement à l'axe des fibres musculaires, congelé immédiatement dans de l'isopentane refroidi par de l'azote liquide, puis stocké à -80 °C. Le reste de l'échantillon était broyé, congelé, lyophilisé, puis broyé à nouveau et conservé sous-vide à -20 °C jusqu'aux analyses biochimiques.

La matière sèche a été déterminée par pesée des échantillons avant et après lyophilisation. Les teneurs en protéines (= 6,25 x azote total (DUMAS, AOAC 7024)) et collagène (=7,14 x hydroxyproline (BERGMAN et LOXLEY, 1963)), ainsi que le pourcentage de collagène thermosoluble (HILL, 1966), ont été déterminés. Le potentiel glycolytique a été calculé selon MONIN et SELLIER (1985) : PG = 2 ([glycogène] + [glucose] + [glucose-6-phosphate]) + [lactate], après dosage du glucose et glucose-6-phosphate (Glucose HK Roche) et

du lactate (Lactate PAP BioMérieux) à l'aide d'un auto-analyseur (Cobas Mira, Roche).

Des analyses histologiques ont été réalisées sur trente échantillons, soit 6 séries (2 par type génétique) de 5 jambons. Des coupes sériées longitudinales et transversales de 12 mm d'épaisseur ont été effectuées au cryomicrotome à -20 °C, et observées directement au microscope en contraste de phase, ou après coloration à l'Hématoxyline-Eosine (coloration de base pour l'étude du tissu musculaire), ou au rouge Sirius (coloration spécifique du tissu conjonctif).

1.4. Analyses statistiques

Une analyse de variance (procédure GLM (SAS, 1989)) a été effectuée sur les données quantitatives (poids, TVM et ses composantes, pHu), en incluant comme effets principaux du modèle la note de déstructuration, le sexe, le type génétique, le jour d'abattage et l'abattoir. Les données relatives aux mesures de couleur et à la composition chimique ont également fait l'objet d'une analyse de variance incluant comme effets principaux la notation du défaut, le génotype et la variable jour-site d'abattage intra génotype. En cas d'effet significatif de la notation, une comparaison multiple de moyennes a été effectuée (test de Tukey).

La répartition de la notation du défaut déstructuré en fonction du sexe, du temps d'attente à l'abattoir et des classes de pH a été analysée par la procédure FREQ et le test du Khi-2 (SAS, 1989).

La régression logistique permet d'étudier le lien entre une variable qualitative, éventuellement ordonnée, et un ensemble de variables quantitatives ou qualitatives (TENENHAUS, 1992). La régression logistique multiple a donc été appliquée à nos données (procédure LOGISTIC, option STEPWISE (SAS, 1989)). Elle a permis de sélectionner par ordre d'importance les variables explicatives quantitatives ou qualitatives qui influencent significativement la notation du défaut déstructuré.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Fréquence des jambons déstructurés

Le phénomène de déstructuration touche près du tiers des jambons étudiés (tableau 2), les jambons «déstructurés» (notés 3 et 4) représentant 16,8 %, les proportions variant de 5,6 à 50,9 % selon le type génétique. Les types sexuels sont atteints dans des proportions différentes, les femelles étant plus touchées avec 19,1 % de «déstructurés», contre 13,6 % pour les mâles castrés (tableau 2). L'effet «date d'abattage», rapporté par BALAC et al (1998), FRANCK et al (1999, 2000), et AUBRY et al (2000) a été également observé dans notre étude.

Le pourcentage de jambons «déstructurés» observé est supérieur aux 13,9 % rapportés par BALAC et al (1998), et aux 8,5 % d'AUBRY et al (2000), mais est équivalent aux valeurs de 17 et 19 % citées par FRANCK et al (1999, 2000). La proportion plus importante de jambons «déstructurés» observée chez les femelles dans notre étude est en accord avec les résultats de FRANCK et al (1999) et AUBRY et al (2000). Cependant, le sex-ratio est déséquilibré dans notre étude (42 % de mâles), certains types génétiques étant représentés uniquement par des femelles. L'effet du sexe observé pourrait donc s'expliquer ainsi, sachant que FRANCK et al (2000) ne rapportent plus d'influence du sexe sur la déstructuration. L'influence du type génétique n'a pu être interprétée en raison des déséquilibres de sex-ratio et d'effectifs dans certains types.

2.2. Analyse de facteurs de risque d'apparition du défaut déstructuré

Le poids de carcasse diffère significativement selon la note de déstructuration : les jambons notés 4 sont issus de carcasses plus lourdes que les jambons des autres classes, lesquels présentent des poids de carcasse équivalents (tableau 3, p 98). Cette observation est en accord avec la relation positive rapportée par BALAC et al (1998),

Tableau 2 - Répartition des jambons étudiés par note de déstructuration, selon le type sexuel et le pHu

| Notation | 1 | 2 | 3 | 4 | Effectif | test Khi-2 |
|-----------------------|------|------|------|------|----------|------------|
| Type sexuel | % | % | % | % | | *** |
| Mâles castrés | 72,7 | 13,8 | 8,2 | 5,4 | 1577 | |
| Femelles | 65,9 | 15,0 | 10,8 | 8,3 | 2163 | |
| pHu | % | % | % | % | | *** |
| < 5,50 | 40,4 | 24,8 | 17,2 | 17,6 | 750 | |
| 5,50 < pHu < 5,60 | 54,6 | 19,6 | 15,1 | 10,7 | 997 | |
| 5,60 < pHu < 6,00 | 85,1 | 9,0 | 4,5 | 1,4 | 1787 | |
| > 6,00 | 99,0 | 0,5 | 0,5 | 0 | 206 | |
| Effectif total | 2572 | 542 | 362 | 264 | 3740 | |
| % | 68,7 | 14,5 | 9,7 | 7,1 | 100 | |

*** : $p < 0,001$.

Tableau 3 - Répartition des jambons étudiés par note de déstructuration, selon le type sexuel et le pHu

| Notation | 1 | 2 | 3 | 4 | ETR | Signification classe (1) | Moyenne globale (Écart type) |
|----------------------------|-------|-------|--------|-------|------|--------------------------|------------------------------|
| Poids carcasse (kg) | 86,4a | 86,2a | 87,0a | 88,5b | 5,9 | *** | 86,5 (6,7) |
| G2 (mm) | 15,4a | 14,6b | 14,5b | 14,3b | 2,8 | *** | 15,1 (3,3) |
| M2 (mm) | 53,4a | 54,2b | 55,2c | 56,8d | 5,4 | *** | 53,9 (6,2) |
| TVM | 59,9a | 60,7b | 61,1bc | 61,5c | 2,2 | *** | 60,3 (2,8) |
| pHu | 5,71a | 5,55b | 5,54bc | 5,51c | 0,16 | *** | 5,65 (0,19) |

Sur une même ligne, les moyennes affectées d'une lettre différente diffèrent significativement ($p < 0,05$)

(1) *** : $p < 0,001$

FRANCK et al (1999) et AUBRY et al (2000), entre l'importance de la déstructuration et le poids du jambon.

Les épaisseurs de gras dorsal et de muscle varient significativement selon la note de déstructuration. Les jambons indemnes présentent ainsi une épaisseur de gras G2 supérieure à celle des trois autres classes (tableau 3). Inversement, l'épaisseur moyenne de maigre M2 est d'autant plus élevée que le jambon est touché par le défaut. Ainsi, les jambons issus de carcasses maigres et conformées (G2 faible, M2 élevé) apparaissent plus touchés par le défaut; les résultats de FRANCK et al (1999) et AUBRY et al (2000) associent ce constat au génotype des porcs au locus du gène Halothane.

Les valeurs moyennes de pH ultime varient significativement en fonction des notes de déstructuration (tableau 3), le pHu moyen de la note 3 étant intermédiaire à celui des notes 2 et 4. Les jambons non touchés par le défaut ont ainsi un pHu moyen de 5,71, correspondant à un bon pH du point de vue de la qualité technologique, tandis que les jambons complètement déstructurés ont un pHu moyen de 5,51, correspondant à des jambons à tendance acide. Ces résultats concordent avec les pHu moyens de 5,65 et 5,51 observés sur des jambons normaux et déstructurés, respectivement, par BALAC et al (1998).

Afin de vérifier l'influence du pHu sur la notation des jambons déstructurés, 752 porcs provenant de 6 lots ont été séparés en deux groupes et abattus avec 4 heures de repos de différence. La répartition de la notation des jambons en fonction de l'attente à l'abattoir est significativement différente avec 7 et 4,3 % de jambons «déstructurés» entre les attentes courtes et longues ($p < 0,01$), et des pHu respectifs de 5,62 et 5,69 ($p < 0,001$). L'influence du temps d'attente avant l'abattage sur la fréquence d'apparition du défaut avait déjà été mise en évidence par BALAC et al (1998).

Les analyses de variance et les tests du Khi-2 ont mis en évidence des liens entre la notation du défaut déstructuré et le sexe, le poids, les épaisseurs de gras et de maigre G2 et M2 de la carcasse et le pH ultime.

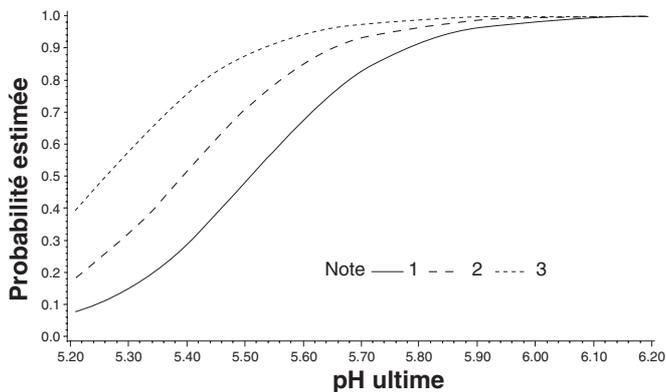
Le pHu, M2, G2 et le poids de carcasse ont été retenus par la régression logistique multiple comme variables influençant significativement la notation du défaut, par ordre décroissant d'importance respective (tableau 4). La concordance entre les notes proposées par ce modèle et la notation subjective des jambons est de 78,3 %, soit légèrement plus faible que les 85,9 % obtenus par AUBRY et al (2000) avec un modèle basé sur le pHu, le génotype au locus Hal et le poids brut des jambons. Le pHu apparaît donc comme la variable

Tableau 4 - Étapes de sélection des variables qui influencent significativement la notation du défaut

| Modèle | | test Khi-2 variables (1) | Comparaison notes observées - notes calculées | | |
|--------|--------------------------|--------------------------|---|-------------|------------|
| Étape | Variable | | Concordance | Discordance | Indécision |
| 1 | pHu | *** | 75,2 % | 23,0 % | 1,9 % |
| 2 | pHu M2 | *** *** | 77,6 % | 22,2 % | 0,2 % |
| 3 | pHuN M2 G2 | *** *** *** | 78,2 % | 21,6 % | 0,2 % |
| 4 | pHu M2 G2 Poids | *** *** *** * | 78,3 % | 21,5 % | 0,2 % |

(1) *** : $p < 0,001$; * : $p < 0,05$

Figure 1 - Probabilité estimée d'obtention d'une note de déstructuration en fonction du pHu du jambon



qui influence le plus la déstructuration. Le modèle de régression logistique permet également de calculer la probabilité estimée d'obtention d'une note de déstructuration en fonction des variables contenues dans le modèle. On a ainsi représenté la probabilité estimée d'obtention d'une note de déstructuration en fonction du pH ultime du jambon (figure 1) : pour les "déstructurés" celle-ci est de 30 % pour un pHu de 5,50, et passe à 15 % pour un pHu de 5,60.

Le tableau 2 (p 97) montre que 83 % des jambons «déstructurés» sont situés dans les catégories des jambons acides ou à tendance acide, le pourcentage de «déstructurés» étant équivalent dans ces deux catégories. Ce résultat est identique aux 84 % de «déstructurés» observés par AUBRY et al. (2000) alors que leurs jambons avaient été en partie triés sur

le pHu : le pourcentage de jambons acides n'était que de 8 % contre 20 % pour la présente étude; celui de jambons à tendance acide étant par ailleurs identique (26 %). Dans notre étude, un tri sur le pH ultime aurait permis d'éliminer les 20 % de jambons acides (pHu<5,50), à faible rendement technologique et fortes pertes au tranchage (ALVISET et al., 1995), qui représentent 42 % des jambons «déstructurés».

2.3. Caractérisation colorimétrique, biochimique et histologique

Le tableau 5 présente la valeur moyenne du pH ultime des 5 classes étudiées. Conformément au protocole expérimental, le pHu de la classe 0 est supérieur à celui des 4 autres classes, permettant de distinguer l'effet pH de l'effet déstructuration. Les paramètres colorimétriques, L*, a* et b*, varient significativement entre les 5 classes (tableau 5). Les valeurs moyennes de L* et b* augmentent significativement avec la diminution du pHu et, à pHu équivalent, s'accroissent avec l'état de déstructuration. La valeur moyenne de a* augmente également avec la baisse du pH et est plus élevée pour les jambons atteints par le défaut (classes 2, 3 et 4) comparés aux jambons sains. Ces résultats sont en accord avec les observations de FRANCK et al. (2000).

Les teneurs en matière sèche, protéines et collagène sont équivalentes entre les cinq classes de jambons. La proportion de collagène thermosoluble est légèrement supérieure dans la classe 4 par rapport à la classe 0, cependant les effets individuels du pH ou de la déstructuration ne sont pas significatifs. Le potentiel glycolytique du muscle *Semimembranosus* varie selon la classe des jambons, comme les teneurs en glucose libre et

Tableau 5 - pH ultime, couleur et composition chimique des jambons des classes 0 à 5

| Effectif | Classe | | | | | ETR | Sign. classe (1) |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|------|------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| | 26 | 26 | 26 | 24 | 26 | | |
| pHu | 5,74b | 5,48a | 5,46a | 5,46a | 5,46a | 0,06 | *** |
| Couleur | | | | | | | |
| L* | 48,4a | 52,7b | 58,6c | 62,4d | 63,1d | 3,1 | *** |
| a* | 5,3a | 6,0ab | 7,2bc | 7,1bc | 7,8c | 1,7 | *** |
| b* | 5,9a | 7,1b | 9,0c | 10,0cd | 11,0d | 1,5 | *** |
| Composition chimique | | | | | | | |
| Matière sèche (%) (2) | 24,4 | 24,6 | 24,6 | 24,6 | 24,6 | 0,6 | NS |
| Protéines (%) | 22,4 | 22,2 | 22,1 | 22,1 | 22,0 | 0,6 | NS |
| Collagène (%) | 0,50 | 0,51 | 0,51 | 0,50 | 0,50 | 0,07 | NS |
| Thermosolubilité (% collagène total) | 15,8a | 16,6ab | 16,6ab | 17,4ab | 17,8b | 2,7 | * |
| Potentiel glycolytique (3) | 130a | 159b | 166bc | 165bc | 174c | 15 | *** |
| Glucose libre + G6P (4) | 5,6a | 14,6b | 16,1bc | 16,4bc | 19,8c | 5,3 | *** |
| Lactate (4) | 90a | 100b | 104bc | 105cd | 108d | 5 | *** |

Sur une même ligne, les moyennes affectées d'une lettre différente diffèrent significativement ($p < 0,05$)

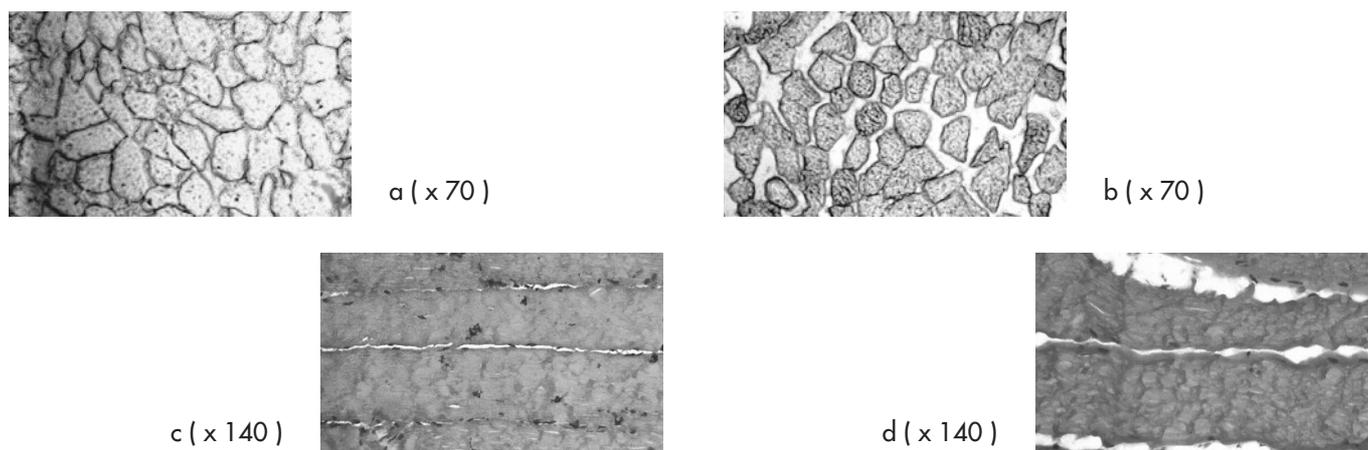
(1) *** : $p < 0,001$; * : $p < 0,05$; NS : $p > 0,05$.

(2) % du muscle frais

(3) μmol équivalent lactate / g muscle frais

(4) μmol / g muscle frais

Figure 2 - Coupes histologiques transversales observées en contraste de phase (a,b) et coupes longitudinales colorées à l'hématoxyline-éosine (c, d) de jambons classés 1 (non destructuré : a, c) et 4 (destructuré : b, d)



glucose-6-phosphate, et en lactate. La diminution du pHu s'accompagne d'une forte augmentation des teneurs en sucres libres et lactate, conduisant à un accroissement d'environ 20 % du potentiel glycolytique. A pHu équivalent, les teneurs en sucres libres et en lactate augmentent avec l'importance de la destruction, entraînant une augmentation progressive mais cependant relativement faible du potentiel glycolytique avec l'importance du défaut (+9 % entre les classes 1 et 4). Les valeurs moyennes du pHu étant similaires entre les classes 1 à 4, ce résultat suggère un pouvoir tampon supérieur des muscles destructurés.

Les résultats des analyses histologiques étant similaires entre génotypes intra-classe et, d'autre part, les échantillons des classes 2 et 3 présentant des caractéristiques intermédiaires à ceux des classes 1 et 4, seules des coupes transversales et longitudinales réalisées sur des jambons des classes 1 et 4 sont présentées (figure 2). L'observation en contraste de phase montre une augmentation de l'espace entre les fibres musculaires proportionnelle à l'importance de la destruction, s'accompagnant d'un aspect de plus en plus hétérogène de l'intérieur des fibres. Les colorations à l'hématoxyline-éosine révèlent également une augmentation des espaces interfibrillaires avec la destruction, ainsi que la présence de zones plus colorées dans les fibres musculaires, suggérant une hypercontraction des fibres. Aucune différence dans l'aspect de la trame conjonctive intramusculaire selon l'état de destruction n'a été observée par la coloration au rouge Sirius (images non représentées).

Les observations que nous avons réalisées sur muscles destructurés correspondent à celles décrites sur des muscles de type PSE par LEFAUCHEUR (communication personnelle) pour l'espace interfibrillaire et par JOHANSSON et al., (1987) pour l'hypercontraction des fibres musculaires. Cette dernière est décrite par FRANCK et al (1999) sur des muscles destructurés, qui rapprochent cette observation des lésions de type PSE.

L'absence de variation de la teneur en matière sèche, non conforme aux résultats attendus (MONIN, 1988), dépend vraisemblablement des procédures opératoires : les muscles

n'ayant pu perdre d'eau avant le prélèvement, et la durée «d'exsudation» après prélèvement n'étant pas maîtrisée, l'exsudat a été intégré aux échantillons de muscle. Cependant l'exsudation plus importante des muscles destructurés, confirmée par les analyses histologiques, est en accord avec leur clarté (L*) plus élevée, ces deux critères étant généralement reliés positivement (MONIN, 1988).

L'absence de différence entre classes pour la teneur en protéines est à rapprocher des observations précédentes concernant la matière sèche. Bien que l'on n'observe pas de différences de teneurs en protéines, on peut supposer que l'exsudation plus importante des muscles destructurés aurait entraîné une perte supérieure en protéines dans l'exsudat, comparativement aux muscles sains. Aussi, la détermination des pertes en eau de la viande au cours de sa conservation à 4°C (HONIKEL, 1998), ainsi que de la teneur et de la composition en protéines de l'exsudat, qui permet d'évaluer l'intensité de la protéolyse post-mortem (MONIN et al., 1997) devraient être envisagées dans des études ultérieures pour mieux cerner le phénomène de destruction des viandes.

La teneur et la solubilité thermique du collagène, ainsi que l'aspect de la trame conjonctive périnysiale ou endomysiale observée en microscopie optique, ne sont pas modifiés par la destruction des muscles. La solubilité thermique du collagène intramusculaire diminuant avec l'âge des animaux (BAILEY et LIGHT, 1989; LEBRET et al., 1998), l'hypothèse selon laquelle la destruction pourrait être liée à la réduction de l'âge à l'abattage des porcs n'a pas été confirmée. Des mesures complémentaires : détermination du degré de réticulation des fibres de collagène, observation de la trame conjonctive en microscopie électronique, restent à entreprendre afin de pouvoir conclure sur un éventuel rôle du collagène dans la destruction musculaire.

CONCLUSION

La fréquence de jambons «destructurés» observée dans cette étude (17 % des jambons) confirme l'importance de ce

défaut pour l'industrie de transformation du jambon.

Notre étude met en évidence plusieurs facteurs de risque d'apparition du défaut déstructuré : pH ultime du jambon, épaisseur de maigre et gras dorsal, et poids de la carcasse. Le rôle de ces facteurs est confirmé par la bonne concordance (78 %) entre la notation proposée par modélisation et la notation subjective réellement effectuée sur les jambons de l'étude. Le défaut déstructuré a donc une origine polyfactorielle, mais il est possible d'identifier certains facteurs majeurs qui influencent son apparition. Ainsi, nous avons montré que le défaut touche essentiellement les viandes à bas pH ultime, observation confirmée par les analyses biochimiques qui révèlent un potentiel glycolytique plus élevé dans les muscles déstructurés. La plupart des facteurs qui influencent le pH ultime sont aujourd'hui identifiés, comme le temps d'attente à l'abattoir avant l'anesthésie. Leur maîtrise devrait permettre d'améliorer le pHu de la viande et de réduire ainsi la fréquence d'apparition du défaut déstructuré.

Notre étude montre également que la fréquence du défaut déstructuré augmente avec la conformation (M2 fort, G2 faible) et le poids des carcasses. L'hypothèse selon laquelle la déstructuration pourrait être liée à la réduction de l'âge à l'abattage des porcs n'a pas été confirmée par nos résultats, ni par une étude récemment conduite par l'ITP sur

la composition chimique des jambons (résultats non publiés).

Concernant la caractérisation des muscles déstructurés, les observations des lésions ainsi que les résultats des analyses biochimiques confirment que la déstructuration des jambons se rapprocherait d'une lésion de type P.S.E. localisée dans les muscles profonds de la cuisse. Cependant, la déstructuration des muscles du jambon ne saurait être associée au défaut PSE détecté par la mesure du pH1 : 11 % des jambons PSE ou tendance PSE de l'étude de AUBRY et al., (2000, résultats non publiés) étaient très altérés ou complètement déstructurés, ce pourcentage étant de 22 % dans l'étude ITP évoquée précédemment (résultats non publiés).

En conclusion, ce travail a permis de dégager des facteurs de risque d'apparition du défaut déstructuré, mais n'a toutefois pas permis d'en identifier les causes. Des études complémentaires s'avèrent donc nécessaires pour rechercher l'origine de ce défaut, qui constitue actuellement un problème important dans la filière de production du jambon cuit supérieur.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier l'OFIVAL pour son soutien financier à l'étude.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALVISET G., BRAUD J., VIDAL E., 1995. Bull. Liaison CTSCCV, 5(1), 10-24.
- AUBRY A., LIGONESCHE B., GUÉBLEZ R., GAUDRÉ D., 2000. Journées Rech. Porcine en France, 32, 361-367.
- BALAC D., BAZIN C., LE TREUT Y., 1998. Polish J. of Food and Nutr. Sci., 7/48, 5 p.
- BAILEY A.J., LIGHT N.D., 1989. Connective tissue in meat and meat products. Elsevier Applied Science, London, 355 p.
- BERGMAN I., LOXLEY R., 1963. Anal. Chem., 35, 1961-1965.
- FRANCK M., BÉNARD 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.
- HILL F., 1966. J. Food Sci., 31, 161-166.
- HONIKEL K.O., 1998. Meat Sci., 49, 447-457.
- I.T.P., 1998. Trier la viande de porc selon la qualité. I.T.P. éd. Paris, 11 p.
- JOHANSSON G., JONSSON L., THOREN-TOLLING K., HAGGENDAL J., 1987. In : "Porcine Stress and Meat Quality - Causes and possible solutions to the problems", 32-41., Ed. T. Froystein, E. Slinde and N. Standal, Agricultural Food Research Society, As, Norway.
- LEBRET B., LISTRAT A., CLOCHEFERT N., 1998. In : Proc. 44th Int. Cong. of Meat Science and Technol., Barcelona, Spain. Vol. II, 718-719.
- MONIN G., 1988. Journées Rech. Porcine en France, 20, 37-49.
- MONIN G., SELLIER P., 1985. Meat Sci., 16, 307-316.
- MONIN G., MARINOVA P., TALMANT A., et al., 1997. Meat Sci., 47, 29-47.
- SAS, 1989. Sas user's guide, Statistics SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- TENENHAUS, M., 1992. Revue de Méthodologie et d'Analyse des Données, 3, 21-39.

