

FICHE TECHNIQUE

Espèce :	Porcin	Catégorie :	Qualité des viandes
Titre:	<i>Tri et étude des rendements de fabrication des jambons de porc déstructurés</i>		
Mots clés:	jambon déstructuré, tri, classification, rendement, spectroscopie		
Source(s):	ADIV - IFIP	Auteur(s) :	Jean Pierre Frenca, Laurent Picgirard, Emilie Parafita, Antoine Vautier
Travail :	Clos	Date de fin des travaux	09/11/2009
Programme :	Office de l'élevage 2007		
Résumé :	<p>Contexte et objectifs de l'étude</p> <p>La production de jambon cuit supérieur « prétranché » et « préemballé » connaît une très forte croissance depuis le début des années quatre-vingt-dix. Les salaisonniers observent parallèlement un défaut croissant qui n'est détectable qu'après désossage des jambons qu'ils nomment « jambon déstructuré ». Les muscles touchés ont perdu leur aspect fibreux au profit d'une masse musculaire apparemment sans structure et organisée et molle. La couleur est également fortement modifiée : la viande apparaît très pâle et grisâtre et cette altération se rapprocherait de lésions de type PSE des muscles profonds du jambon. Ce défaut entraîne l'apparition de zones à faible cohésion après cuisson, se traduisant par des pertes importantes lors du tranchage mécanique des jambons.</p> <p>Même si certains facteurs de risques d'apparition du défaut viande déstructurée</p>		

sont bien identifiés aujourd'hui (pH ultime bas, jambons lourds et conformés, ...) la détection du défaut ne peut avoir lieu qu'après désossage des jambons, de manière tardive. La mise en place d'une méthode de tri précoce des jambons sur le défaut avant désossage reste une attente forte des opérateurs.

Cette étude consiste à évaluer respectivement les performances de la spectroscopie de fluorescence et de la spectroscopie visible proche infrarouge comme méthodes de mesure rapides utilisables « en ligne » dans les ateliers de découpe et permettant de faire un tri précoce des « viandes déstructurées ». L'objectif était également de voir dans quelle mesure ces méthodes permettaient de prédire les rendements de fabrication des jambons cuits.

Programme des travaux

- Etape 1 : Utilisation de la méthode de spectroscopie développée par l'ADIV pour faire du tri précoce non invasif et la spectroscopie Infra-rouge par l'IFIP ; notation des jambons dits « déstructurés » avec la grille de notation développée par l'IFIP
- Etape 2 : Prédiction des rendements de fabrication avec les outils adaptés en phase 1
- Etape 3 : Traitement statistique des données
- Etape 4 : Détermination des typologies de jambons déstructurés pour mieux cibler les traitements technologiques à appliquer sur ce type de produit.

CONTACTS

Pour plus d'informations, contacter :

IFIP (Institut du Porc)

149 rue de Bercy
75 595 PARIS CEDEX 12

Tel : 01 40 04 53 55

antoine.vautier@ifip.asso.fr

OU

ADIV

ZAC des Gravanches
10 rue Jacqueline Auriol
63039 Clermont-Ferrand cedex 02

Tel: 04 73 98 53 80

emilie.parafita@adiv.fr

[Fiche de synthèse :](#)



N° réf. :779

[Retour à la liste](#)



ESTAT'PERSONS



OFFICE DE L'ELEVAGE

FICHE DE SYNTHÈSE

Titre : Tri précoce des jambons de porc déstructurés et prévision des rendements de fabrication

Centres de recherche : ADIV, IFIP

Auteur(s) : Rapport ADIV : Jean-Pierre FRENCIA, Emilie PARAFITA
Rapport IFIP : Antoine VAUTIER

Nombre de pages : rapport ADIV (45 pages)
Rapport IFIP (36 pages)

Date de publication : 10/2009

Espèce(s) : porcine

Mots clés : viande déstructurée, défaut pommade, spectroscopie de fluorescence, spectroscopie visible et proche infra rouge, prédiction du rendement technologique

Résumé : L'ADIV et l'IFIP ont réalisé une étude dont l'objectif était d'évaluer respectivement les performances de la spectroscopie de fluorescence et de la spectroscopie visible proche infrarouge comme méthodes de mesure rapides utilisables « en ligne » dans les ateliers de découpe et permettant de faire un tri précoce des « viandes déstructurées ». L'objectif était également de voir dans quelle mesure ces méthodes permettaient de prédire les rendements de fabrication des jambons cuits. Les deux méthodes ont été testées en ligne sur un nombre suffisant de jambons après désossage. Chaque méthode a fait l'objet d'un rapport séparé. Le présent document est la synthèse des résultats obtenus pour chacune des deux méthodes mises en œuvre par les centres techniques ADIV et IFIP.

Les différents traitements statistiques effectués sur la banque de spectre ont permis de conclure que ces méthodes permettaient de détecter le défaut de déstructuration des jambons et permettaient d'estimer le rendement de fabrication des jambons avec une précision au moins égale voire supérieure à la prédiction par le pH ultime

Objet :

Le développement du jambon cuit prétranché, dans les années 90, a mis en évidence un défaut de qualité majeur: celui des tranches de jambons cuit dites « pommades ». Ce phénomène, qui peut toucher jusqu'à un tiers des tranches selon les lots, se caractérise par une très mauvaise tenue des tranches (tranches déchirées, trouées) et une dégradation de la qualité organoleptique (produit pâteux et fibreux). Ce défaut « pommade » est attribué à un défaut bien identifié sur viande fraîche : le défaut jambon déstructuré. Bien que les lésions des jambons déstructurés rappellent celles des viandes PSE, leur localisation est différente. Ce défaut ne s'exprime en effet que dans la partie profonde du jambon (principalement dans les muscles *Semimembranosus et Adductor*) rendant le diagnostic tardif (seulement après désossage des jambons). L'origine et les mécanismes d'apparition du phénomène sont encore très mal connus même si l'étude de ses principaux facteurs de variations ont fait l'objet plusieurs travaux (type génétique et durée de mise à jeun, poids et

conformation de la carcasse, durée de transport et température extérieure – Franck et al., 1999 ; Aubry et al., 2000 ; Minvielle et al., 2001, 2003 ; Franck et al. 2000 ; Vautier et al. 2004). Les meilleurs indicateurs du risque de la présence/absence du défaut sont le pH ultime, la clarté de la viande (L*) et le pH1 (Vautier et al., 2008). Malgré tout, il reste aujourd'hui difficile de prédire la présence/absence du défaut pour des jambons dont le pH ultime se situe entre 5.5 et 5.6. Cette catégorie de jambons dont la qualité technologique globale reste satisfaisante concerne environ 30 % des jambons disponibles. Dans cette catégorie de jambons il est impossible aujourd'hui pour les entreprises d'éviter le défaut « tranches pommades » dont les conséquences économiques sont loin d'être négligeables.

Certains travaux publiés aujourd'hui sur la **spectroscopie proche infrarouge** (near infrared reflectance spectroscopy – NIRS) laissent espérer que cette méthode permette la détection du défaut déstructuré. Cette technique est utilisée depuis de nombreuses années, notamment pour l'analyse chimique de la viande (KRUGGEL et al., 1981 ; LANZA et al., 1983). Son principe repose sur l'analyse des changements d'état de l'eau et des liaisons hydrogène dans le produit étudié (HILDRUM et al., 1994). Le spectre ainsi récupéré présente certaines zones spectrales caractéristiques, par exemple, des lipides et des protéines qui ont été utilisées dans certains travaux pour prédire avec succès les teneurs en protéines (MITSUMOTO et al., 1991) et en lipides intramusculaires (RODBOTTEN et al., 2000 ; HOVING-BOLINK et al., 2005). JOSSEL et al. (2000) a par ailleurs réussi à obtenir en spectroscopie proche infrarouge une qualité de prédiction du taux de glycogène suffisamment importante pour la classification des carcasses de porcs porteurs et non-porteurs du gène RN-. D'autre part, la spectroscopie NIRS permet également de prédire avec plus ou moins de précision des paramètres plus complexes comme la mesure de tendreté (HILDRUM et al., 1994), la mesure de la force de cisaillement, l'élasticité et la jutosité (LIU et al., 2003). Ces divers travaux nous laissent penser que le caractère déstructuré de la viande qui est caractérisé par une altération de la structure myofibrillaire du muscle (MINVIELLE et al., 2001) et une protéolyse prononcée (MONIN et al., 2003) pourrait être détecté par le biais de la spectroscopie proche infrarouge. Il est en effet probable qu'une viande déstructurée montre un spectre différent d'une viande normale dans certaines zones spectrales du proche infrarouge (qui sont la résultante de la résonance des bandes spectrales identifiées dans le moyen infrarouge).

Concernant la **spectroscopie de fluorescence**, l'ADIV a travaillé depuis plusieurs années à la mise au point d'un appareil portable permettant de faire des mesures de spectroscopie de fluorescence frontale en ligne dans les entreprises. Initialement, cet appareil a été mis au point pour mesurer l'évolution de la tendreté de la viande bovine en cours de maturation. En fait, il s'avère que la spectroscopie de fluorescence peut potentiellement être utilisée pour détecter des évolutions de la structure spatiale des protéines et donc des phénomènes de protéolyse, maturation ou dénaturation des protéines dont fait partie le phénomène des viandes déstructurées.

Dans ce contexte, l'ADIV et l'IFIP ont réalisé une étude dont l'objectif était d'évaluer les performances de ces deux méthodes de mesure (la spectroscopie de fluorescence frontale testée par l'ADIV et la spectrométrie dans le visible et le proche infrarouge testée par l'IFIP) pour faire un tri précoce des « viandes déstructurées ».

Les deux méthodes ont été testées en ligne sur un nombre suffisant de jambons après désossage avec les objectifs suivants :

- définir une méthode de détection et de tri précoce des matières premières de porc dites « déstructurées »
- Voir dans quelle mesure les rendements de fabrication des jambons de porc peuvent être prédits par des méthodes de spectroscopie (ou – spectrométrie).

La dernière étape du programme avait pour but d'estimer le rendement de fabrication des jambons cuits fabriqués à partir de viandes plus ou moins déstructurées (selon la classification IFIP) et de voir dans quelle mesure les différentes méthodes spectroscopiques testées permettaient de faire une estimation précoce des rendements de fabrication à partir des mesures réalisées sur viandes fraîches.

Méthode :

➤ **Volet 1 - Caractérisation des viandes déstructurées**

La première partie de l'étude avait pour objectif de caractériser les viandes déstructurées à la fois par des méthodes classiques (pH, classification IFIP) et par les différentes méthodes spectroscopiques mises en œuvre par les 2 centres techniques. Les mesures ont été effectuées directement dans des ateliers industriels de découpe et de fabrication de jambons cuits sur 395 jambons désossés 4D (découennés, dégraissés, désossés, dénervés), soit environ 200 jambons par entreprise de salaison.

Les jambons ont été choisis de façon à obtenir une proportion équilibrée de jambons pour chacune des 4 classes définies dans la grille de notation IFIP (ou grille Barbry) soit B, M+, M- et D.

- **Spectroscopie de fluorescence**

Les spectres de fluorescence ont été enregistrés par l'ADIV sur 3 sites : semi membraneux face interne, semi membraneux face externe et fessier avec 3 répétitions pour chaque site soit un total de 3546 spectres.

- **Spectroscopie visible et proche infrarouge**

Les spectres de réflectance en proche infra rouge ont été obtenus par 4 jeux de mesures par jambon à l'aide d'un spectroscope visible / proche infrarouge. Ces 4 jeux résultent de la combinaison de deux types de sondes (sonde de surface et sonde de pénétration) et de trois sites de mesures (*Semimembranosus* face interne, *Semimembranosus* en profondeur, *Gluteus Medius* en surface de la section de la séparation jambon/longe). Ces mesures ont été répétées trois fois soit 12 acquisitions de spectres par jambon.

➤ **Volet 2 - Estimation des rendements de fabrication des jambons déstructurés**

Des fabrications industrielles, mais individuelles, ont été également réalisées en jambon cuit supérieur par les deux entreprises à partir des jambons constituant l'échantillon de calibrage. Un total de 78 jambons parmi les 395 ont donc été sélectionnés au hasard, en veillant à respecter un effectif équilibré entre les 4 types de jambons : B, M+, M-, D (notation jambons déstructurés – IFIP).

Les indicateurs enregistrés pour le suivi de la transformation de chaque jambon sont les suivants : rendement technologique, pourcentage de tranches atteintes par le défaut pommade, pourcentage de tranches déchirées.

➤ **Volet 3- traitement statistique**

- Spectroscopie de fluorescence :

Le traitement statistique des spectres de fluorescence a été réalisé par l'ADIV à l'aide du logiciel R. Différentes méthodes ont été utilisées :

- Méthodes classiques de statistique inférentielle (analyse de variance, régressions, etc.)
- Méthodes statistiques multidimensionnelles : Classification Hiérarchique (CAH), Partial List Square (PLS), Principal Component Analysis (PCR), etc.

La démarche adoptée pour le traitement statistique des résultats a été la suivante :

- Dans un premier temps, on a essayé de relier les mesures spectroscopiques avec les paramètres habituellement utilisés pour le tri des jambons avant fabrication (classification IFIP, pH)
- Dans un second temps, on a évalué les performances de chacun de ces critères de tri de la matière première sur les rendements aux différentes étapes de fabrication des jambons cuits (rendement barattage, rendement cuisson, rendement technologique).

- Spectroscopie visible et proche infrarouge :

Les spectres visible/proche infrarouge récoltés ont été traités sous MATLAB R2009a par l'IFIP à l'aide de la toolbox SAISIR disponible sur le site <http://easy-chemometrics.fr/index.htm> (D.BERTRAND). Des prétraitements de types centrage-normage et dérivé seconde ont été appliqués aux spectres (350-1800nm). La prédiction de la note de déstructuration des jambons a été calculée à l'aide de l'analyse discriminante PLS-DA; les variables quantitatives (rendements, pH ultime, pertes d'exsudat) ont quand à elles été traitées à l'aide de la régression PLS classique. La comparaison selon la notes de déstructuration des données de pH ultime, de pertes en exsudat, ainsi que des données récoltées lors des fabrications industrielles de jambons cuits supérieurs (rendement technologique, pourcentage de tranches pommade, pourcentage de tranches déchirées) a été réalisée par analyse de variance et comparaison de moyenne (procédures GLM et CORR du logiciel S.A.S. V8.02 (SAS Institute).

Principaux résultats

Les principales conclusions qui ressortent des mesures effectuées sont les suivantes :

➤ **Concernant la pertinence des sites de mesure testés :**

Pour la **spectroscopie de fluorescence**, le défaut de déstructuration ne peut être détecté que sur la partie interne du semi membraneux, là où le phénomène de déstructuration est le plus apparent. Les mesures sur le fessier ou sur la partie externe du semi membraneux ne donnent pas de bons résultats. Par conséquent, les mesures de spectroscopie de fluorescence ne sont envisageables que sur jambons désossés ou avec une sonde de pénétration permettant d'atteindre la partie interne du semi membraneux.

Concernant les mesures réalisées en spectroscopie visible/proche infrarouge, la qualité de la prédiction (pH ultime, pertes d'exsudat, rendement technologique, rendements tranchage),

ou de la classification (note de déstructuration) est sensiblement du même niveau pour les deux types de sondes (surface ou pénétration). Dans l'ensemble, il paraît donc préférable de se concentrer sur l'utilisation de la sonde de pénétration qui présente le gros avantage de permettre l'accès à la zone de déstructuration avant le désossage du jambon. Malgré tout, les meilleurs résultats de prédiction du rendement technologique ont été obtenus par la sonde de surface (sur muscle *Gluteus Medius*), mais il est possible que l'orientation des fibres musculaires spécifique de cette mesure (fibres musculaires parallèles à la fibre optique) participent à cette différence de réponse.

➤ **Concernant la possibilité de classer les jambons « déstructurés » avant cuisson :**

Avec la **spectroscopie de fluorescence**, le modèle PCR (Principal Component Regression) permet d'obtenir une bonne corrélation ($R=0,75$) entre les mesures de spectroscopie et la classification pommade de la grille IFIP (*B, M+, M-, D*). Ainsi, 91,84% des jambons notés « B » c'est à dire bons, sont correctement classés par cette méthode et 71,11% des jambons notés « D » c'est-à-dire déstructurés sont correctement classés.

La **spectroscopie visible et proche infra rouge**, ne permet pas de classer efficacement les jambons selon les 4 classes de la grille IFIP (55% de jambons bien classés). Par contre elle permet de détecter efficacement le défaut lorsqu'on utilise 2 classes (jambons indemnes = notes B + M+ ; jambons déstructurés = notes M- + D) : 81% des jambons du calibrage sont correctement classés sur la présence/absence du défaut jambons déstructurés. Plus précisément, 88,3% des jambons indemnes sont correctement classés par spectroscopie visible/proche infrarouge, alors que 73.9% des jambons atteints sont correctement classés.

➤ **Concernant la possibilité de prédire le pH des jambons :**

Le coefficient de corrélation entre le pH et les mesures de **spectroscopie de fluorescence** ($R=0,53$), bien qu'étant statistiquement significatif, ne permet pas une prédiction satisfaisante du pH. Par conséquent, la spectroscopie de fluorescence ne permet pas de remplacer les mesures de pH.

La **spectroscopie visible et proche infrarouge** ne permet pas de prédire correctement le pH ultime du muscle Semimembranosus ($r =0.63$, $rmse =0.08$), l'erreur est deux fois supérieure à la répétabilité d'un pH mètre (0.04).

➤ **Concernant la possibilité de prédire les rendements de cuisson des jambons :**

Le coefficient de corrélation entre la **spectroscopie de fluorescence** et le rendement de cuisson est bon ($R=0,82$), il est possible que cette valeur soit sur estimée car une des série de mesure se distinguait nettement des deux autres. Le modèle refait sur 2 séries donne un coefficient de corrélation de $R=0,72$ mais sur 5 composantes principales

seulement ce qui permet de penser que ce modèle est sans aucun doute beaucoup plus robuste et proche de la réalité. Ces résultats sont meilleurs que ceux obtenus avec une mesure du pH ($R=0,67$), critère habituellement utilisé dans les entreprises. La spectroscopie de fluorescence donne donc de meilleurs résultats que les critères utilisés actuellement (pH, classification pommade).

Pour la **spectroscopie visible et proche infra rouge**, la corrélation entre rendements prédits et mesuré s'est révélée sur l'ensemble de nos données de transformation nettement plus élevée que celle entre le pH ultime et le rendement technologique ($r = 0.87$ vs $r = 0.41$, respectivement), et l'erreur de prédiction est très faible ($rmse = 3.05$). Des indications sur le rendement de tranchage peuvent être également apportées par spectroscopie, notamment sur l'estimation du pourcentage de tranches « pommade », mais avec une erreur beaucoup plus élevée ($rmse = 15.5$).

➤ **Concernant la possibilité de prédire les défauts pommade qui apparaissent après cuisson des jambons :**

La **spectroscopie de fluorescence** permet de prédire le pourcentage de tranches dont plus de 30% de la surface est déstructurée ($R=0,73$).

Les corrélations entre le pourcentage de tranches pommade prédit par spectroscopie et le pourcentage de tranches pommade mesuré sont d'un bon niveau : $r = 0.76$ (calibrage à l'aide de la sonde de pénétration appliquée en profondeur du muscle *Semimembranosus*). D'un autre côté, l'erreur de prédiction est assez importante ($rmse = 15.5$), mais cela ne se traduit dans notre essai que par une erreur de 23% sur la moyenne, compte tenu de la forte proportion de tranches pommade observée.

Conclusion

Les deux méthodes testées dans le cadre de cette étude (spectroscopie de fluorescence et spectroscopie visible et proche infrarouge) sont apparues particulièrement intéressantes à plusieurs points.

Tout d'abord, compte tenu des coefficients de corrélation obtenus, ces méthodes présentent de réelles performances pour la classification des jambons déstructurés. Elles représentent donc une réelle alternative à la mesure du pH ultime jusque là considéré comme le meilleur prédicteur du défaut (VAUTIER et al., 2008). Mais leur intérêt pourrait également se situer au niveau d'un second tri, après celui réalisé sur toutes les carcasses à l'aide du pH ultime, de manière à « récupérer » des jambons dont le pH relativement bas nous indique un fort risque de défaut déstructuré, mais qui peuvent être mis en transformation moyennant quelques adaptations du procédé.

Ensuite, des résultats très prometteurs ont été obtenus pour chacune des deux méthodes pour la prédiction du rendement technologique. Les corrélations observées sont nettement plus élevées que celles habituellement rencontrées entre le pH ultime et le rendement technologique. Des indications sur le rendement de tranchage peuvent également être apportées par spectroscopie.

Enfin, quelle que soit la méthode utilisée, aucune ne permet de prédire correctement le pH ultime du muscle *Semimembranosus*.