

L'authentification rapide des poulets de chair sous label : distinction entre poulets issus de souches à croissance lente ou rapide par la spectrométrie dans le proche infrarouge

Olivier Fumière, Georges Sinnaeve, Pierre Dardenne

Département Qualité des Productions agricoles. Centre de Recherches agronomiques de Gembloux. Chaussée de Namur, 24. B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : fumiere@cragx.fgov.be.

Reçu le 22 septembre 2000, accepté le 29 septembre 2000.

Le secteur du "poulet de chair" se caractérise par une multitude de labels et mentions, en Belgique et en Europe : Label de Qualité Wallon, Label Rouge en France, Appellations d'Origine, Agriculture Biologique, ... Les potentialités de la spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR) pour l'authentification rapide de poulets de chair à croissance lente ont déjà été exposées par les auteurs. Cette fois, ils ont étendu leur étude à un nombre d'individus plus important et prennent en compte la situation de produits de qualité intermédiaire (poulet de marque faisant l'objet d'une certification de conformité en accord avec la réglementation européenne 91/1538/CEE). Les résultats obtenus permettent d'envisager l'intégration de la technique dans un système analytique de contrôle des productions sous label de poulets de chair issus de souches à croissance lente.

Mots-clés. Spectroscopie proche infrarouge, SPIR, poulet de chair, authentification, label.

Rapid authentication of certified chicken meat: distinguishing slow and fast growing chicken strains using near infrared reflectance spectroscopy. Chicken meat's market is characterized by numerous quality marks in Belgium and in Europe: "Label de Qualité Wallon" in Belgium, "Label Rouge" in France, Labels for geographical origin, organic agriculture, ... The authors have already tested, Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) to authenticate slow growing chicken meats. Their study was extended on a larger set and takes account of special labelling according to European regulation 91/1538/CEE. Our results show that the technique could be integrated in an analytical system of surveillance of slow-growing chicken meat products with quality mark.

Keywords. Near Infrared Reflectance Spectroscopy, NIRS, chicken, authentication, quality labels.

1. INTRODUCTION

Le contrôle de l'origine des viandes est une préoccupation majeure non seulement des consommateurs mais également des producteurs et des distributeurs. Les produits de viande à base de poulet présentant un signe distinctif de qualité sont en progression constante. Si ces produits de qualité particulière sont valorisés avec un différentiel de prix important par rapport aux produits ordinaires, il est essentiel que les fraudes puissent être détectées et que des systèmes analytiques permettant de contrôler leur authenticité soient développés.

En matière d'authentification de produits alimentaires, les techniques spectrométriques (SPIR, IRTF) occupent une place de choix. Une synthèse des applications de la spectrométrie dans le proche infrarouge en authentification de produits alimentaires a été réalisée par Downey (1996). Les améliorations du matériel informatique conjuguées aux développements de la chimiométrie permettent de traiter un

volume considérable de données et d'en extraire l'information. En ce qui concerne la viande et les produits carnés, les techniques spectroscopiques ont déjà été utilisées pour le dosage des constituants majeurs (matière grasse, eau, protéines) (Sindic *et al.*, 1993 ; Cozzolino *et al.*, 1996 ; Windham, Morrison, 1998), pour l'estimation de la tendreté et la prédiction de critères de l'analyse sensorielle (Hildrum *et al.*, 1995), pour la classification de carcasses de porcs (de Pedro *et al.*, 1994), pour la détection de fraudes (Thyholt *et al.*, 1998) et pour l'identification de l'origine de viandes (Thyholt *et al.*, 1997 ; McElhinney *et al.*, 1999). L'utilisation de l'analyse discriminante appliquée à des données spectrales est également une pratique courante. Les applications sont variées : signalons son utilisation pour distinguer la viande fraîche de la viande décongelée (Thyholt, Isaksson, 1997 ; Downey, Beauchêne, 1997 a et b) ou encore pour reconnaître les carcasses de poulets importées à Hong Kong des carcasses de poulets indigènes (Ding *et al.*, 1999).

Si l'utilisation de techniques analytiques efficaces est essentielle dans la prévention des fraudes, il ne faut pas perdre de vue le surcoût que peuvent occasionner ces analyses. C'est dans cet esprit que l'étude du potentiel de la spectrométrie dans le proche infrarouge – technique sensible, rapide et peu coûteuse – pour l'authentification des poulets de chair à croissance lente a été envisagée.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Échantillons

Cent vingt poulets ont été analysés et deux groupes ont été définis :

- Le groupe des poulets de chair issus de souches à croissance lente (CrL) est constitué de 60 individus appartenant à des souches caractérisées par une faible vitesse de croissance. Leur âge d'abattage est de 81 jours minimum. L'utilisation d'une alimentation à faible densité énergétique sans ajout de graisse ni de facteur de croissance, la faible densité d'animaux au sol et l'accès à un parcours extérieur sont les contraintes majeures présentes dans les cahiers des charges régissant ces productions. Les animaux utilisés faisaient tous l'objet d'un contrôle par un organisme certificateur agréé et étaient porteurs du "Label de Qualité Wallon" ou du "Label Rouge".
- Le groupe des poulets industriels (Ind) est constitué de 60 individus provenant de systèmes de production intensifs. L'âge d'abattage de tels animaux est nettement inférieur à celui des poulets à croissance lente (42 jours et moins) et est rarement mentionné. Les conditions d'élevage se caractérisent par une alimentation à haute densité énergétique grâce à l'ajout de graisse, l'utilisation de facteurs de croissance autorisés conformément à la législation et une forte densité d'animaux dans des poulaillers sans parcours extérieur. Parmi ces 60 individus, nous avons inclus 15 poulets soumis à des certifications de conformité portant essentiellement sur l'alimentation (% de végétaux,...). Ces poulets appartiennent à des souches à croissance rapide ou intermédiaire et sont abattus à un âge intermédiaire entre les poulets industriels et les poulets à croissance lente (49 à 63 jours). Ils présentent des caractéristiques organoleptiques qui sont tantôt plus proches de l'industriel, tantôt plus proches du label, suivant le choix de la souche, l'âge d'abattage. En général, ils n'ont pas accès à un parcours extérieur.

La classification proposée peut heurter et être jugée par certains comme confuse. Elle introduit en effet une différence entre les labels (Label Rouge et Label de Qualité Wallon) et les autres mentions également soumises à une certification. Cependant, différentes études (Touraille *et al.*, 1981, 1985 ; Culioli *et al.*,

1990 ; Rabot *et al.*, 1996, 1999 a et b) ont analysé les facteurs susceptibles d'influencer la qualité de la viande de poulet. Le principal facteur conduisant à une qualité organoleptique sensiblement différente est un âge d'abattage proche de la maturité sexuelle. Un âge d'abattage de 81 jours semble un bon compromis car il est postérieur à la puberté mais évite que la viande ne devienne trop ferme (Sauveur, 1997). Ce paramètre implique l'utilisation de souches à croissance lente pour les productions "labels". C'est donc par rapport à ce critère (souche à croissance lente) que nous avons choisi de développer nos modèles de discrimination.

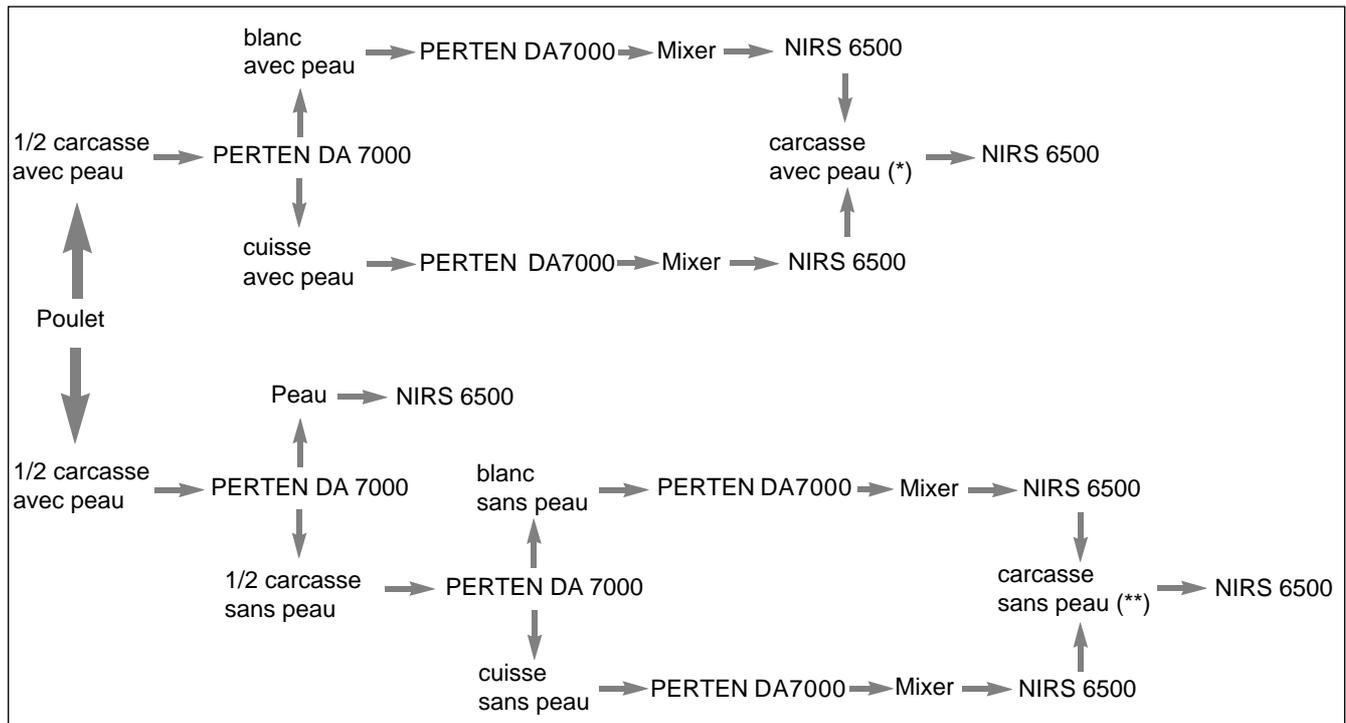
Pour chaque poulet analysé, sept échantillons ont été réalisés : la cuisse avec peau, la cuisse sans peau, le blanc avec peau, le blanc sans peau, la carcasse avec peau, la carcasse sans peau et la peau. Trois types d'échantillons (cuisse avec peau, blanc sans peau et carcasse avec peau) correspondent à des produits présents dans le commerce ; un quatrième (la peau) est préparé en laboratoire à partir des autres échantillons. La séquence d'analyse des échantillons est décrite à la **figure 1**.

2.2. Acquisition des spectres

Les spectres de la viande de poulet ont été enregistrés avec deux spectromètres.

Le NIRSYSTEMS 6500 (FOSS, Silver Spring, MD, USA) est un spectromètre disposant d'une gamme de longueurs d'ondes s'étendant de 400 à 2500 nm par pas de 2 nm. L'analyse des échantillons nécessite une homogénéisation préalable. Une large plage de mesures et une fine résolution sont les principaux avantages de cet appareil. Le NIR 6500 permet l'analyse journalière d'un grand nombre d'échantillons. Cet appareil a déjà été utilisé à de nombreuses reprises pour l'analyse de produits de viande. Le schéma de fonctionnement de l'appareil en mode DCA (Direct Contact Analysis) est représenté à la **figure 2**.

Le PERTEN DA 7000 (PERTEN INSTRUMENTS Inc., Chatham, IL, USA) est un spectromètre capable de réaliser 600 balayages par seconde et sa gamme de longueurs d'ondes s'étend de 400 à 1700 nm par pas de 5 nm. Il permet l'analyse d'échantillons sans préparation particulière (ex : des poulets entiers). Une très grande rapidité d'acquisition des spectres, un faible nombre de composantes optiques sont deux avantages non négligeables de ce type d'appareil. Le PERTEN DA 7000 par sa vitesse d'acquisition des spectres convient bien pour une application industrielle. Le schéma de fonctionnement de l'appareil est représenté à la **figure 3**.



(*) Mélange 50/50 de blanc avec peau et de cuisse avec peau. (**) Mélange 50/50 de blanc sans peau et de cuisse sans peau.

Figure 1. Protocole d’analyse des carcasses de poulets par spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR) (Fumière *et al.*, 2000) — *Sample analysis procedure using near infrared reflectance spectroscopy (NIRS).*

2.3. Traitement des données

Le traitement des données a été réalisé avec les logiciels ISI-NIRS 3, version 4.0 et WinISI II (INFRAISOFT International, Port Matilda, PA, USA). Ces logiciels sont des programmes de spectrométrie dans le proche infrarouge. Ils permettent la mesure d’échantillons, le traitement de spectres et leur analyse statistique.

Pour l’application qui nous occupe ici (distinction entre “poulet à croissance lente” et “poulet industriel”),

le programme de discrimination “Discriminate groups” du logiciel a été employé. L’algorithme mathématique utilisé par ce programme est basé sur une régression selon les moindres carrés partiels (PLS2). Les traitements mathématiques des spectres (correction, lissage et dérivation des spectres) ont été optimisés en fonction des spécificités des appareils. Ce sont ainsi respectivement 64 et 60 traitements mathématiques qui ont été analysés sur les bases de spectres obtenus avec le NIRS 6500 et le PERTEN DA 7000.

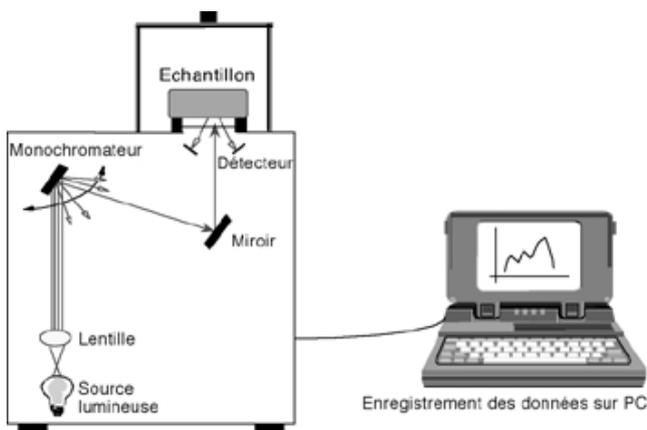


Figure 2. Schéma du NIRS 6500 de Foss-NIRSYSTEMS en configuration DCA(Direct Contact Analysis) — *Outline of the NIRSystems 6500 (Foss-NIRSYSTEMS) in DCA configuration.*

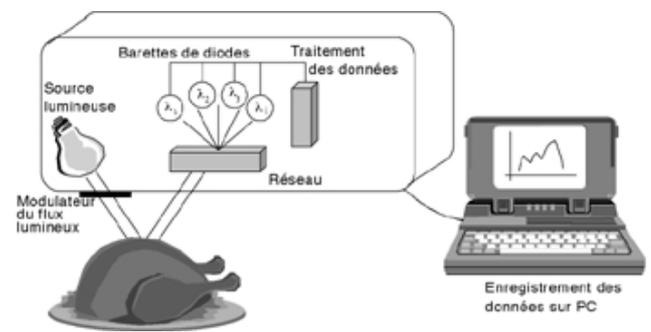


Figure 3. Schéma du PERTEN DA 7000 de PERTEN INSTRUMENTS Inc. — *Outline of the PERTEN DA 7000 (PERTEN INSTRUMENTS Inc.).*

Les modèles statistiques ont été construits en choisissant de manière aléatoire 2/3 des individus de chaque population (soit 40 poulets à croissance lente et 40 poulets industriels). Le modèle ainsi établi a ensuite été validé avec un groupe test constitué par le tiers des individus restant (soit 20 poulets à croissance lente et 20 poulets industriels). Dans la mesure du possible, les étapes de calibration et de validation de l'ensemble des modèles de discrimination ont été effectuées avec les échantillons appartenant aux mêmes poulets. De cette façon, la comparaison des performances des modèles obtenus avec les deux appareils (NIRS 6500 et PERTEN DA 7000) et avec les différents types d'échantillons est plus objective.

Les modèles présentant les meilleures performances ont ensuite été testés sur la population totale. À chaque fois, les modèles de discrimination sont réalisés en validation croisée complète pour obtenir des résultats aussi proches que possible de la réalité.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Caractérisation des spectres

La **figure 4** montre les spectres moyens des échantillons de cuisse avec peau, blanc sans peau, carcasse avec peau et de peau obtenus avec le NIRS 6500. Les spectres montrent des pics caractéristiques de la matière grasse (1208, 1724, 1762, 2310 et 2348 nm) et de l'eau (980, 1450 et 1934 nm). Le spectre de peau est particulièrement illustratif de la forte concentration en lipides de ce type d'échantillon.

La **figure 5** montre les spectres moyens des échantillons de blanc sans peau, de cuisse avec peau et

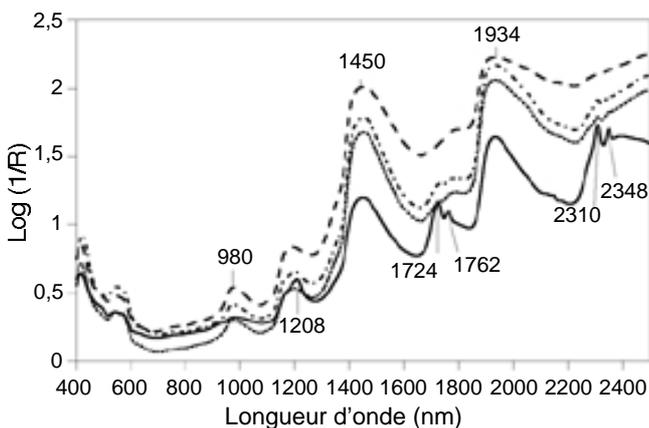


Figure 4. Spectres NIR moyens des échantillons de blanc sans peau (- - -), de cuisse avec peau (---), de carcasse avec peau (...) et de peau (—) mesurés au moyen du NIRSystems 6500 — *Mean visible/NIR reflectance spectra of samples of breasts without skin (- - -), legs with skin (---), carcasses with skin (...) and skins (—) obtained using the NIRSystems 6500.*

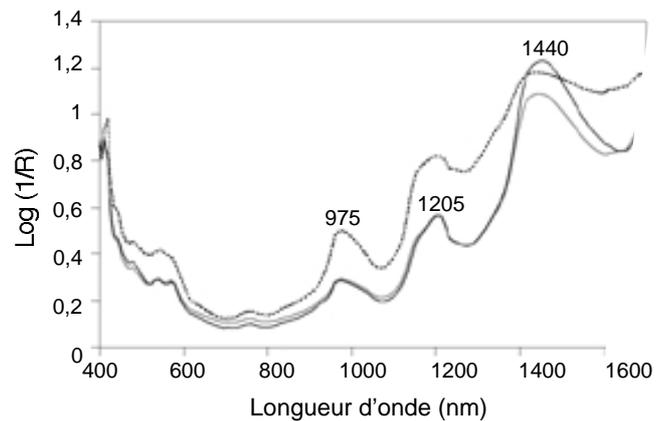


Figure 5. Spectres NIR moyens des échantillons de blanc sans peau (.....), de cuisse avec peau (—) et de carcasses avec peau (—) mesurés au moyen du PERTEN DA 7000 — *Mean visible/NIR reflectance spectra of samples of breasts without skin (.....), legs with skin (—) and carcasses with skin (—) obtained using the PERTEN DA 7000.*

de carcasse avec peau obtenus avec le PERTEN DA 7000. Les spectres montrent des pics caractéristiques de la matière grasse à 1205 nm et de l'eau (975 et 1440 nm). Les spectres se caractérisent également par un important bruit de fond en dessous de 460 nm.

3.2. Analyse discriminante

Les performances des meilleurs modèles sont détaillés au **tableau 1** et à la **figure 6**. Ces résultats appellent les commentaires suivants :

- Les performances des modèles obtenus avec le NIRS 6500 sont souvent supérieures aux performances des modèles obtenus avec le PERTEN DA 7000 (validation des modèles développés avec 80 poulets – **tableau 1** et calibration avec 120 poulets – **figure 6**). Ceci est probablement dû aux caractéristiques mêmes des instruments (gamme de longueurs d'onde et résolutions) ainsi qu'à la préparation des échantillons (découpe entière pour le PERTEN DA 7000 – viande hachée pour le NIRS 6500).
- Les performances obtenues se situent généralement entre 80 % et 100 % de classifications correctes. Dans de nombreux cas, plus de 90 % des individus sont correctement classés.
- Les performances des modèles obtenus avec les blancs sans peau sont inférieures à celles obtenues avec les autres types d'échantillons. Cette observation est particulièrement vraie en validation.

Ces résultats sont obtenus en effectuant une classification selon deux groupes (les poulets à croissance lente et les poulets industriels). Dans le groupe des poulets industriels, nous avons repris 15 poulets faisant l'objet d'une certification (voir § 2.1.

Tableau 1. Résultats de l'analyse discriminante pour les échantillons de cuisse avec peau, de blanc sans peau, de carcasse avec peau et de peau : pourcentages d'affectations correctes en calibration (80 poulets) et en validation (40 poulets) — *Results of discriminant analysis with legs with skin, breasts without skin, carcasses with skin and skins: percentages of correct assignment in calibration step (80 chickens) and validation step (40 chickens).*

	Appareils	Traitements mathématiques (*)	Nombre de termes (**)	Résultats en calibration (%)	Résultats en validation (%)
Cuisse avec peau	NIRSYSTEMS 6500	NONE 1, 10, 5	7	CrL : 97,5 Ind : 97,5 Total : 97,5	CrL : 94,7 Ind : 94,7 Total : 94,7
	PERTEN DA7000	WMSC 1, 3, 1	8	CrL : 100 Ind : 100 Total : 100	CrL : 94,7 Ind : 84,2 Total : 89,5
Blanc sans peau	NIRSYSTEMS 6500	SNV 1, 5, 5	5	CrL : 92,5 Ind : 92,5 Total : 92,5	CrL : 80,0 Ind : 75,0 Total : 77,5
	PERTEN DA7000	SNV 2, 7, 3	7	CrL : 92,5 Ind : 97,4 Total : 94,9	CrL : 63,2 Ind : 73,7 Total : 68,4
Carcasse avec peau	NIRSYSTEMS 6500	WMSC 1, 15, 5	7	CrL : 100 Ind : 100 Total : 100	CrL : 95,0 Ind : 95,0 Total : 95,0
	PERTEN DA7000	WMSC 1, 3, 3	3	CrL : 92,5 Ind : 97,4 Total : 94,9	CrL : 94,7 Ind : 84,2 Total : 89,5
Peau	NIRSYSTEMS 6500	SNV 2, 10, 5	5	CrL : 87,5 Ind : 100 Total : 91,6	CrL : 81,3 Ind : 79,0 Total : 80,0

(*) Traitement des spectres : correction du spectre, dérivée, gap, lissage ; (**) nombre de termes de l'équation de discrimination ; CrL = souches à croissance lente ; Ind = poulets industriels.

Échantillons). Il serait intéressant de pouvoir distinguer ces poulets faisant l'objet d'une certification de conformité des poulets industriels. Malgré la disproportion entre les groupes (60, 45 et 15 individus), nous avons testé des classifications en trois groupes. Systématiquement, les individus certifiés sont reclassés dans le groupe des poulets industriels. Ces résultats ne sont guère surprenants si on observe les spectres moyens des trois types de poulets (**Figure 7**).

La **figure 7** montre les spectres moyens des "Poulets de Chair issus de souches à croissance lente", des "Poulets industriels" et des poulets soumis à une certification de conformité (poulets certifiés). Les trois spectres sont très similaires. Les spectres moyens des poulets industriels et des poulets faisant l'objet d'une certification de conformité se superposent presque parfaitement. Ces deux spectres moyens présentent des bandes d'absorption plus intenses dans les régions correspondant aux lipides. Cette constatation pourrait s'expliquer par une teneur en matière grasse plus importante chez ces poulets. De telles différences ont déjà été observées en SPIR (Cozzolino *et al.*, 1996) et par chromatographie en phase gazeuse (Girard *et al.*, 1993).

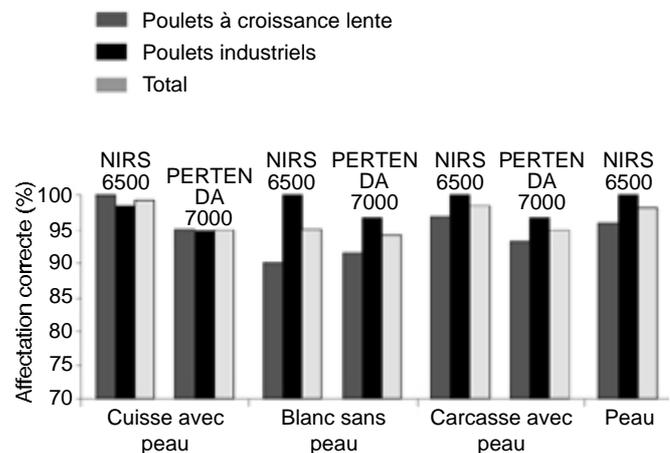


Figure 6. Pourcentages d'affectations correctes obtenus en analyse discriminante avec 120 individus ; résultats obtenus pour les échantillons de cuisse avec peau, de blanc sans peau, de carcasse avec peau et de peau avec le NIRS 6500 et le PERTEN DA 7000 — *Percentages of correct assignment obtained in discriminant analysis with 120 chicken; results obtained with samples of legs with skin, breasts without skin, carcasses with skin and skins; spectra obtained with NIRS 6500 and PERTEN DA 7000.*

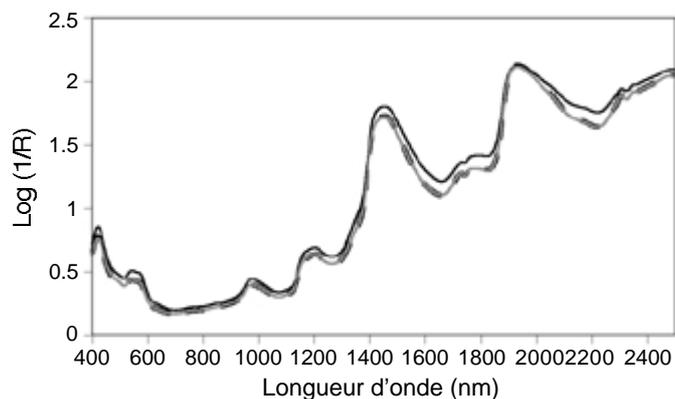


Figure 7. Spectres NIR moyens des échantillons de poulets issus de souches à croissance lente (—), de poulets industriels (---) et de poulets certifiés (—) obtenus avec le NIRSystems 6500 — *Mean visible/NIR reflectance spectra of all samples of slow growing chickens (—), industrial chickens (---) and certified chickens (—) obtained using a NIRSystems 6500.*

L'analyse canonique (**Figure 8**), nous montre également que les poulets certifiés ne forment pas un groupe bien distinct des deux autres. Concrètement et sans remettre en cause le bien-fondé de ces produits que nous appellerons de qualité intermédiaire, il semble difficile, au moyen de la spectrométrie dans le proche infrarouge, de les distinguer des poulets industriels. Il faut cependant signaler que les classifications en trois groupes ont néanmoins permis d'améliorer encore les pourcentages d'affectations correctes des poulets à croissance lente et des poulets industriels.

Les deux spectromètres utilisés dans cette étude présentent des caractéristiques très différentes. Leur

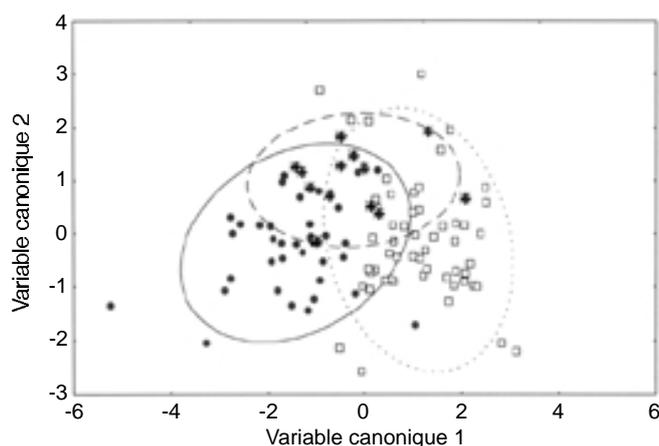


Figure 8. Analyse canonique sur les spectres de blanc sans peau des échantillons de poulets issus de souches à croissance lente (\square), de poulets certifiés ($*$) et de poulets industriels (\bullet) obtenus avec le NIRSystems 6500 — *Canonical analysis of breasts without skin spectra (slow growing chickens (\square), certified chickens ($*$) and industrial chickens (\bullet)) obtained using a NIRSystems 6500.*

utilisation dans un contexte d'authentification dépendra de la stratégie de contrôle adoptée : le PERTEN DA 7000 permet une analyse systématique en ligne ; le NIRS 6500 convient parfaitement pour un contrôle aléatoire des carcasses.

4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les performances des modèles de discrimination développés démontrent le potentiel de la SPIR pour distinguer les poulets issus de souches à croissance lente dans plus de 80 % des cas. La technique pourrait donc s'intégrer dans un système analytique de surveillance des produits certifiés comme moyen de "screening" préalable à des analyses plus longues et plus coûteuses comme la composition en graisse, le profil des protéines ou un test génétique.

Le choix du spectromètre à utiliser dépend des procédures de contrôle que l'on souhaite mettre en place. Le PERTEN DA 7000, par sa vitesse d'acquisition des données et la préparation minimale des échantillons, convient bien pour un contrôle en ligne. Par contre, un contrôle reposant sur un nombre plus limité d'individus choisis de manière aléatoire sera plus efficace avec un NIRS 6500.

La base biochimique sur laquelle repose la distinction entre les deux types de poulets n'a pas encore été déterminée. Cependant, en matière d'authentification et singulièrement avec les techniques spectroscopiques, deux stratégies peuvent être utilisées : soit le spectre est utilisé comme une empreinte permettant de classer les échantillons selon deux ou plusieurs groupes définis préalablement ; soit le spectre permet de doser un composé particulier. Dans le premier cas, la fraude sera difficile voire impossible puisque la base sur laquelle repose la classification n'est connue ni des contrôleurs, ni des fraudeurs. Il est cependant très important de s'assurer qu'aucun paramètre extérieur ne vienne fausser les mesures et ainsi influencer les modèles. Dans notre cas, nous essayons d'inclure dans nos bases de données un maximum de variabilité c'est-à-dire des poulets dont les origines sont diversifiées (marques, chaînes de grandes surfaces, ...) afin de couvrir aussi complètement que possible l'éventail des produits commercialisés en Belgique.

D'autre part, nous allons également réaliser en collaboration avec l'Unité de Zootechnie du Professeur André Théwis (Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux) une expérimentation animale devant recréer des situations de fraudes (ex. : poulets de souches à croissance lente nourris avec une alimentation de type industriel ou poulets à croissance rapide nourris avec une alimentation de type label). Les animaux issus de cette expérimentation seront analysés par SPIR selon le même schéma que les individus ayant servis à construire nos modèles. Le but

de cette démarche est de tester nos modèles de discrimination en situation réelle et de nous assurer de leur efficacité.

En ce qui concerne les poulets soumis à une certification mais n'utilisant pas de souche à croissance lente, il semble bien qu'il soit très difficile voire impossible de les distinguer des poulets industriels par la SPIR. Ces productions, que nous avons appelées de qualité intermédiaire, apportent des garanties aux consommateurs en matière de sécurité alimentaire (absence d'activateurs de croissance – antibiotiques, de farines et de graisses animales dans l'alimentation des poulets) et de bien-être des animaux (densité de population limitée). Cependant, elles ne conduisent pas systématiquement à un produit final sensiblement différent des productions intensives.

Remerciements

Les recherches décrites dans ce travail font l'objet d'un contrat de recherche (contrat NP/42/022) subventionné par le programme "Normes des produits alimentaires" du plan d'appui scientifique à une politique de développement durable mené par les Services fédéraux des Affaires scientifiques, techniques et culturelles (SSTC).

Bibliographie

- Cozzolino D., Murray I., Paterson R. (1996). Visible and near infrared reflectance spectroscopy for the determination of moisture, fat and protein in chicken breast and thigh muscle. *J. Near Infrared Spectrosc.* **4**, p. 213–223.
- Culioli J., Touraille C., Bordes P., Girard JP. (1990). Caractéristiques des carcasses et de la viande du poulet "label fermier". *Arch. Geflügelk.* **53** (6), p. 237–245.
- de Pedro E., Garrido A., Cobo A., Dardenne P., Murray I. (1994). Objective classification of Iberian pig carcasses: GC v NIRS. In Batten GD., Flinn PC., Welsh LA., Blakeney AB (eds.). *Leaping ahead with near infrared spectroscopy*. Near Infrared Spectroscopy Group. North Melbourne, Australia: RACI, p. 291–295.
- Ding H., Xu RJ., Chan D. (1999). Identification of broiler chicken meat using a visible/near-infrared spectroscopic technique. *J. Sci. Food Agric.* **79**, p. 1382–1388.
- Downey G. (1996). Authentication of food and food ingredients by near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spectrosc.* **4**, p. 47–61.
- Downey G., Beauchêne D. (1997a). Discrimination between Fresh and Frozen-then-thawed Beef *m. longissimus dorsi* by combined visible-near infrared reflectance spectroscopy: A feasibility study. *Meat Sci.* **45** (3) p. 353–363.
- Downey G., Beauchêne D. (1997b). Authentication of fresh vs. frozen-then-thawed beef by Near Infrared Reflectance Spectroscopy of dried drip Juice. *Lebensm.-Wiss. -Technol.* **30**, p. 721–726.
- Fumière O., Sinnaeve G., Dardenne P. (2000). Attempted authentication of cut pieces of chicken meat from certified production using near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spectrosc.* **8**, p. 27–34.
- Girard JP., Culioli J., Denoyer C., Berdagué JL., Touraille C. (1993). Discrimination de deux populations chez deux espèces de volaille sur la base de leur composition en lipides. *Arch. Geflügelk.* **57** (1), p. 9–15.
- Hildrum K., Isaksson T., Naes T., Nilsen B., Roabotten M., Lea P. (1995). Near infrared reflectance spectroscopy in the prediction of sensory properties of beef. *J. Near Infrared Spectrosc.* **3**, p. 81–87.
- McElhinney J., Downey G., Fearn T. (1999). Chemometric processing of visible and near infrared reflectance spectra for species identification in selected raw homogenised meats. *J. Near Infrared Spectrosc.* **7**, p. 145–154.
- Rabot C., Rousseau F., Dumont JP., Rémignon H., Gandemer G. (1996). Poulets de chair : Effets respectifs de l'âge et du poids d'abattage sur les caractéristiques lipidiques et sensorielles des muscles. *Viandes Prod. Carnés* **17** (1), p. 17–22.
- Rabot C., Gandemer G., Meynier A., Lessire M., Juin H. (1999a). Les poulets label diffèrent peu des poulets standard. *Viandes Prod. Carnés* **20** (3), p. 93–97.
- Rabot C., Gandemer G., Juin H., Meynier A., Lessire M. (1999b). L'âge d'abattage, critère essentiel de la charte label. *Viandes Prod. Carnés* **20** (3), p. 97–100.
- Sauveur B. (1997). Les critères et facteurs de qualité des poulets Label Rouge. *Prod. Anim.* **10** (3), p. 219–226.
- Sindic M., Chevalier O., Dardenne P., Deroanne C. (1993). Analyse de la viande de poulet par spectroscopie infrarouge proche. *Viandes Prod. Carnés* **14** (4), p. 95–98.
- Thyholt K., Isaksson T. (1997). Differentiation of Frozen and Unfrozen Beef Using Near-Infrared Spectroscopy. *J. Food Sci. Agric.* **73**, p. 525–532.
- Thyholt K., Indahl UG., Hildrum KI., Ellekjær MR. (1997). Meat speciation by near infrared reflectance spectroscopy on dry extract. *J. Near Infrared Spectrosc.* **5**, p. 195–208.
- Thyholt K., Isaksson T., Hildrum K., Ellekjær MR., Eide ØC. (1998). Detecting non-bovine meat in beef patties by dry extract spectroscopy by infrared reflection—a preliminary model study. *J. Near Infrared Spectrosc.* **6**, p. A361–A362.
- Touraille C., Ricard FH., Kopp J., Valin C., Leclercq B. (1981). Qualité du poulet. 2 – évolution en fonction de l'âge des caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de la viande. *Arch. Geflügelk.* **45**, p. 97–104.
- Touraille C., Lassaut B., Sauvageot L. (1985). Qualités organoleptiques de viandes de poulets labels. *Viandes Prod. Carnés* **6** (2), p. 67–72.
- Windham WR., Morrison WH. (1998). Prediction of fatty acid content in beef neck lean by near infrared reflectance analysis. *J. Near Infrared Spectrosc.* **6**, p. 229–234.

(22 réf.)