



Authentification des viandes de volailles

Authentification de l'origine et des conditions de production, de transformation et de conservation des produits carnés de volailles

Mots-clés : volailles, viande, authentification

Auteur : Elisabeth Baéza^{1*}

¹ INRAE, Université de Tours, UMR BOA, 37380 Nouzilly, France

* : E-mail de l'auteur correspondant : elisabeth.baeza-campone@inrae.fr

L'assurance de l'authenticité des aliments et la détection de la falsification sont des questions critiques dans l'industrie alimentaire. Cet article a pour objet de faire le point sur les méthodes actuellement disponibles pour garantir l'authentification de l'origine et des conditions de production, de transformation et de conservation des produits carnés de volailles.

Résumé :

L'authentification des produits alimentaires regroupe plusieurs notions. Dans cet article, ne seront abordés que des aspects relatifs à l'authentification de l'origine et des conditions de production, de transformation et de conservation des produits carnés de volailles. Jusqu'à présent, pour répondre à la demande du législateur, les efforts techniques ont surtout porté sur la détection d'adultération des produits en particulier la reconnaissance d'espèces. Les techniques basées sur l'ADN se sont avérées très performantes, fiables et rapides pour répondre à ce besoin. Elles sont utilisées en routine à présent par les laboratoires de contrôle. Outre la qualité nutritionnelle et sanitaire des produits, les consommateurs souhaitent être rassurés aussi sur l'origine géographique (produit local, national, AOC, IGP) et les modes de production en particulier ceux sous signe officiel de qualité (Label Rouge, Bio). Les efforts de recherche doivent donc être poursuivis pour développer des techniques rapides, fiables, simples d'utilisation et peu coûteuses pour répondre à ces nouvelles attentes.

Abstract: Authentication of the origin and conditions of production, processing and preservation of poultry meat products

Food product authentication encompasses several concepts. In this review, only aspects relating to the authentication of the origin and conditions of production, processing and preservation of poultry meat products will be discussed. So far, in response to the legislator's request, technical efforts have focused on detecting adulteration of products, in particular the recognition of species. DNA-based techniques have proven to be highly effective, reliable and fast in meeting this need. They are now used routinely by control laboratories. In addition to the nutritional and health quality of products, consumers want to be reassured also about the geographical origin (local, national product, AOC, IGP) and the rearing conditions in particular those under official quality signs (Label Rouge, Organic). Research efforts must therefore be continued to develop techniques that are fast, reliable, easy to use and inexpensive to meet these new expectations.

INTRODUCTION ET CONTEXTE DE L'ETUDE

Le mot « authentique » est communément défini comme quelque chose de fiable et incontestable. Par conséquent, en ce qui concerne les aliments d'origine animale, l'identification exacte de l'espèce revêt une importance primordiale, et doit être menée en s'appuyant sur des facteurs qui n'ont pas été fortement modifiés pendant la transformation des aliments.

Dans de nombreux pays, la législation sanctionne la falsification de la viande avec de la viande dérivée d'autres espèces. Certains pays proscrivent la consommation de certaines viandes comme le porc pour des raisons religieuses, et les communautés musulmane et juive veulent des produits certifiés halal ou casher. Des techniques analytiques ont donc été développées pour identifier les espèces dans les produits carnés crus, cuits et transformés. L'assurance de l'authenticité des aliments et la détection de la falsification sont des questions critiques dans l'industrie alimentaire. En ce qui concerne la viande et les produits à base de viande, les préoccupations d'authenticité impliquent la substitution de matières premières de grande valeur avec des matières de moindre valeur telles que des morceaux de viande moins chers, de la viande récupérée mécaniquement, des abats, du sang, de l'eau, des œufs, du gluten ou d'autres sources de protéines animales ou végétales. De plus, ces substitutions peuvent avoir des implications en matière de sécurité alimentaire, car l'ajout de ces produits peut entraîner des réactions allergiques chez certaines personnes.

Un autre aspect est la différenciation de la viande congelée et décongelée de la viande fraîche.

Plusieurs maillons sont impliqués dans la chaîne d'approvisionnement des aliments (producteurs, transformateurs, grossistes, distributeurs), ce qui augmente le risque de mauvaise gestion, de pratiques frauduleuses et de fausses déclarations. Les marchés sont mondialisés et la compétition économique est rude ce qui peut aussi favoriser le développement des fraudes. L'utilisation intensive de produits chimiques dans la production et la transformation des aliments a considérablement augmenté les rendements technologiques et le développement de nouveaux produits et

amélioré la durée de conservation et la qualité sanitaire des produits. Cependant, pour éviter une utilisation excessive ou abusive de ces produits chimiques il est nécessaire, là aussi, de mettre en place des contrôles.

Les exigences des consommateurs ne cessent d'évoluer. Outre la qualité nutritionnelle et sanitaire des produits, les consommateurs souhaitent être rassurés aussi sur l'origine géographique (produit local, national, AOC, IGP) et les modes de production en particulier ceux sous signe officiel de qualité (Label Rouge, Bio).

De nombreuses techniques analytiques fiables et spécifiques ont donc été développées. Elles sont basées sur l'utilisation de la spectroscopie infra-rouge (proche et moyen) à transformation de Fourier ou non, la spectroscopie Raman, la spectroscopie à fluorescence, la spectroscopie UV-visible, la résonance magnétique nucléaire, la spectrométrie de masse sur les ratios d'isotopes stables, la chromatographie gazeuse, la chromatographie liquide à haute performance, des techniques de PCR (Polymerase Chain Reaction), les tests immuno-chimiques tels que l'ELISA (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay), l'électrophorèse capillaire, l'analyse calorimétrique différentielle, les nez électroniques et la chimiométrie. Ballin (2010), Sentandreu *et al.* (2014) et Arvanitoyannis (2015) ont proposé des revues détaillées de ces différentes méthodes analytiques.

Dans cet article, ne seront abordés que des aspects relatifs à l'authentification de l'origine et des conditions de production, transformation et conservation des produits carnés de volailles en faisant un focus sur l'identification de :

- l'origine de la viande (sexe, type de morceaux, souche, alimentation, âge d'abattage, viande d'animaux sauvages ou domestiques, système de production, origine géographique),
- la substitution au niveau du muscle (espèce, tissu), du gras (origine végétale ou animale) et des protéines (protéines végétales ou animales, composés organiques),
- procédés technologiques (irradiation, viande fraîche ou décongelée, mode de cuisson ...),
- l'addition d'ingrédients non carnés (additifs, eau ...).

I. AUTHENTIFICATION DE L'ORIGINE ET DES CONDITIONS DE PRODUCTION

Chez les **volailles**, le **sexe** peut être déterminé sur la viande grâce à une PCR en temps réel (Chang *et al.*, 2008).

L'authentification des **morceaux** pose moins de problème dans la mesure où la cuisse-pilon est constituée de plusieurs muscles dits rouges, et le filet d'un seul muscle qui est dit blanc pour le poulet et la dinde, et rouge pour le canard, la pintade et l'oie.

L'identification de la **souche** est importante dans la mesure où il s'agit d'un critère de démarcation des systèmes de production. Dardenne *et al.* (2001) ont démontré le potentiel de la Spectrométrie dans le Proche Infra-Rouge (SPIR) pour distinguer les poulets issus de souches à croissance lente des poulets issus de souches à croissance rapide. Les modèles développés envisagent aussi bien l'analyse des carcasses entières de poulets que les découpes (cuisses ou filets). Ils ont également testé avec succès la technique de l'AFLP (« Amplified Fragment Length Polymorphism »). Deux déterminants moléculaires ont été

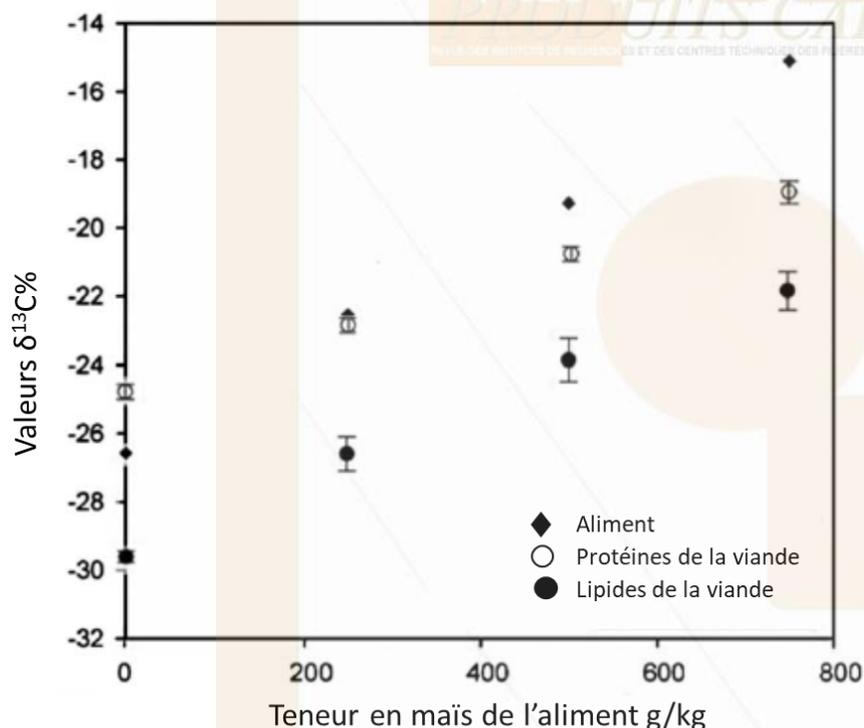
isolés, clonés et séquencés, chacun étant spécifique d'une souche.

L'**alimentation** est également un déterminant majeur des systèmes de production. Dardenne *et al.* (2001) ont évalué l'influence de l'alimentation (aliment label vs. aliment standard) sur le spectre infrarouge de la viande de poulets. Sur la base des résultats obtenus, les auteurs affirment qu'il serait possible de détecter par SPIR plus de 70% des fraudes. L'analyse des pigments caroténoïdes pour différencier les poulets élevés avec ou sans accès à un parcours est peu informative car les aliments pour volailles, en particulier dans les systèmes alternatifs, sont souvent supplémentés en pigments caroténoïdes afin de colorer en jaune la peau des poulets. Ces pigments liposolubles peuvent aussi être apportés par différentes matières premières qui rentrent dans la composition des aliments tels que le maïs ou les microalgues. L'efficacité de dépôt des pigments caroténoïdes ingérés avec l'aliment varie aussi selon le génotype. En effet,

Le Bihan-Duval *et al.* (2011) ont mis en évidence deux SNP (« Single Nucleotide Polymorphisms ») sur le promoteur du gène codant pour la Béta-Carotène 15, 15'-MonoOxygénase (BCMO1), une enzyme clé intervenant dans la conversion du bêta-carotène en rétinol. Les filets des poulets porteurs de l'un des allèles (GG) sont plus riches en pigments caroténoïdes (lutéine et zéaxanthine) et présentent une couleur plus jaune que ceux porteurs de l'autre allèle (AA). L'expression du

gène est trois fois plus importante avec l'allèle (GG) comparé à l'allèle (AA) et cela traduit par un point de différence sur l'intensité de jaune (b*) dans le filet de poulet (Le Bihan-Duval *et al.*, 2011). Néanmoins, Rhodes *et al.* (2010) ont réussi à différencier des régimes alimentaires contenant une large proportion de maïs (>37%) en mesurant la concentration en ^{13}C dans les tissus de poulets (Figure 1).

Figure 1. : Effet de la teneur en maïs de l'aliment sur les valeurs moyennes en $\delta^{13}\text{C}$ dans les lipides et les protéines de la viande de poulets standards (n = 10) (Rhodes *et al.*, 2010)



Le remplacement des matières grasses d'origine animale (suif et saindoux) par des huiles végétales (colza, soja ou lin), dans l'alimentation des volailles depuis 2001 en Europe a eu pour effet d'accroître la proportion d'Acides Gras PolyInsaturés (AGPI) dans la viande de volailles. Avant cette date, un critère de démarcation des poulets Label Rouge par rapport aux poulets standards était une proportion d'AGPI dans la viande plus importante (30,9 vs. 27,2% des acides gras totaux dans les aiguillettes, Girard *et al.*, 1993). En effet, l'alimentation des poulets Label Rouge ne contenait que des huiles végétales comme exigé par le cahier des charges, alors que celle des poulets standards contenait une proportion non négligeable de matières grasses d'origine animale. A présent, ce sont les poulets standards qui présentent une viande plus riche en AGPI que les poulets Label Rouge (30,02 vs. 21,21% des acides gras totaux dans le filet, Chartrin *et al.*, 2005) du fait d'un apport alimentaire plus important (teneur en lipides des régimes pour poulets standards plus élevée que celle des régimes pour poulets Label Rouge) et d'une teneur en lipides de la viande plus importante également (1,25 vs. 1,18%, Chartrin *et al.*, 2005).

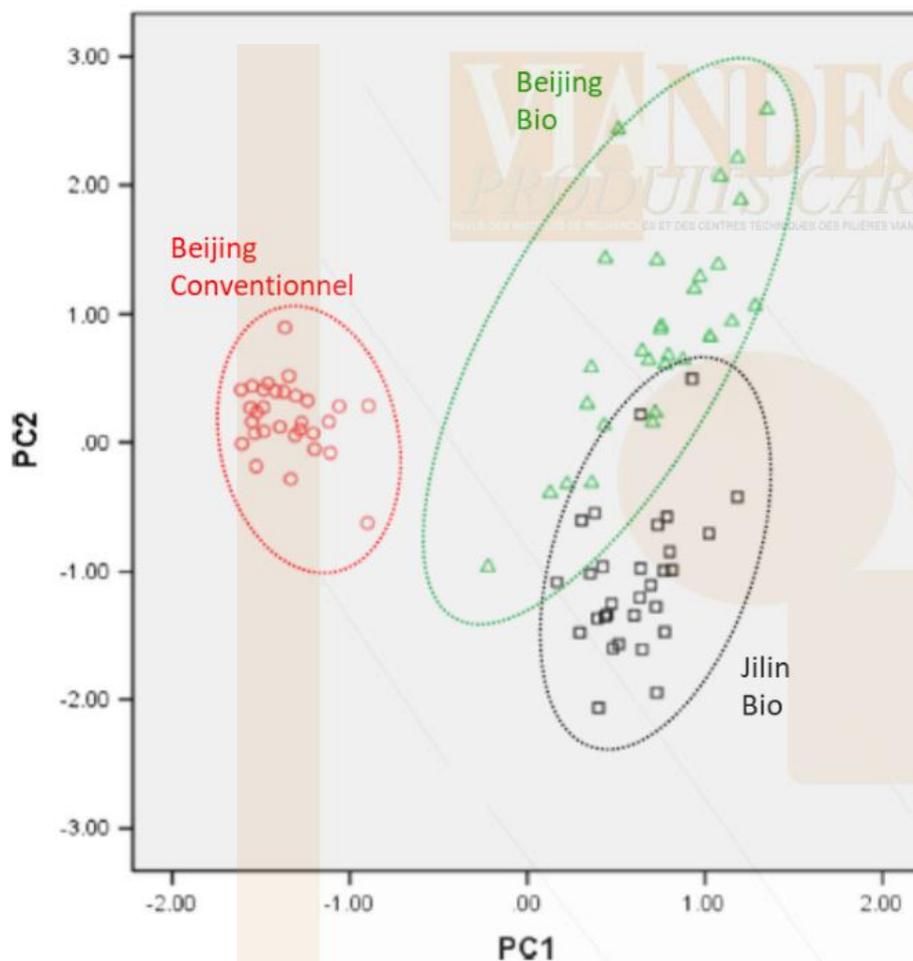
Chez les volailles, l'âge à l'abattage est dépendant de la vitesse de croissance et donc du poids vif. Dans le cahier des charges du pintadeau de la Drôme (IGP), il est précisé que la pointe du sternum doit être flexible (non ossifiée).

L'ossification complète intervient après 107 jours et le pintadeau est abattu à un âge compris entre 87 et 100 jours. Ce critère permet donc de vérifier qu'il s'agit bien d'un pintadeau.

Le système de production repose surtout sur la souche liée à l'âge à l'abattage, l'alimentation et l'accès ou non à un parcours. Ratel *et al.* (2009) ont analysé les composés volatiles du gras abdominal de poulets Label Rouge abattus à 84 jours et de Géline de Touraine abattus à 84 et 120 jours. Ces auteurs ont montré que 24 composés permettaient de distinguer les Gélines abattues à 84 et 120 jours et 70 composés permettaient de distinguer les Gélines, indépendamment de leur durée d'élevage, des poulets Label Rouge. Cette étude suggère que les composés volatiles permettent à la fois de distinguer des différences liées au génotype et à la durée d'élevage et pourraient être utilisés pour authentifier des labels dont le caractère distinctif repose sur ces critères.

De même, Ly et Zhao (2017) sont parvenus à distinguer des poulets issus de production bio et conventionnelle dans deux régions de Chine en analysant les teneurs en lipides, protéines et de douze minéraux et les ratios d'isotopes du carbone et de l'azote des filets (Figure 2).

Figure 2 : Discrimination en Chine du mode de production (bio ou conventionnel) de poulets grâce à une analyse en composantes principales des données de mesure des isotopes stables du carbone et de l'azote et de la composition chimique des filets (Ly et Zhao, 2017).



L'origine géographique repose essentiellement sur l'analyse des oligoéléments et des ratios en isotope stables (Vinci *et al.*, 2012 ; Camin *et al.*, 2016). Franke *et al.* (2008a ; 2008b ; 2008c) ont montré qu'il était ainsi possible de discriminer de la viande de poulet provenant du Brésil, de la France, de l'Allemagne, de la Hongrie et de la Suisse.

Pour tester une substitution frauduleuse de viande, l'identification de l'espèce est couramment effectuée grâce à l'analyse de l'ADN (Lago *et al.*, 2011 ; Rahmati *et al.*, 2016 ; Cottenet *et al.*, 2016 ; Ren *et al.*, 2017 ; Hellberg *et al.*, 2017 ; Alikord *et al.*, 2018). Pour la production de viande de canard, plusieurs espèces ou génotypes sont utilisées (Pékin, Barbarie et mulard). Hird *et al.* (2005) et Martin *et al.* (2007a) ont mis au point des tests PCR permettant la distinction conjointe de canard col-vert et Barbarie ou uniquement de ce dernier dans des mélanges de viandes issues de plusieurs espèces animales. Martin *et al.* (2007b) et Pegels *et al.* (2012) ont utilisé une méthode PCR permettant une identification qualitative de tissus de poulet, dinde, canard mulard et oie dans des produits carnés avec un taux d'incorporation de chaque espèce cible variant de 0,1 à 100%. Cette méthode d'identification est couramment utilisée aussi pour tester l'adultération du foie gras de canard et d'oie avec du foie provenant d'autres espèces dans des produits transformés.

Rodriguez *et al.* (2003a ; 2003b) ont mis au point un test PCR permettant de détecter la présence de foie de porc ou de poulet dans des produits à base de foie gras avec un taux d'incorporation minimal de 0,1%. Rodriguez *et al.* (2003c ; 2004) ont aussi développé une PCR leur permettant de différencier foie gras de canard mulard et foie gras d'oie et de quantifier les taux respectifs d'incorporation. Chisholm *et al.* (2008) ont développé des tests PCR en temps réel pour détecter de façon spécifique la viande de faisans (*Phasianus colchicus*) ou de cailles (*Coturnix coturnix*) dans des produits alimentaires. Ces tests sont basés sur la détection du gène mitochondrial pour le cytochrome b. Ils fonctionnent pour des produits crus, cuits au four ou autoclavés. Les techniques basées sur l'ADN sont très sensibles, rapides et elles permettent de détecter l'incorporation de viande de différentes espèces dans les produits avec de larges plages de variation. L'ADN est présent dans la majorité des tissus biologiques et il est thermostable. Ces techniques sont maintenant utilisées en routine par les laboratoires chargés des contrôles de fraude éventuelle. Sentandreu *et al.* (2010) ont utilisé une approche protéomique pour mettre en évidence un ajout de viande de poulet (0,5 à 10%) dans de la viande hachée de porc (90 à 99,5%) sous forme crue ou cuite et basée sur l'utilisation de peptides biomarqueurs.

II. AUTHENTIFICATION DES CONDITIONS DE TRANSFORMATION ET DE CONSERVATION

La **substitution de muscle par du collagène** dans les produits carnés peut être testée en quantifiant la teneur en 4-hydroxyproline qui est l'acide aminé majoritaire du collagène (Ballin, 2010) et celle **par des abats** grâce à la spectroscopie dans le moyen infra-rouge (Al Jowder *et al.*, 1999). Chez les volailles, ce type de substitution présente peu d'intérêt.

La **substitution de graisse animale par des huiles végétales** dans les produits carnés peut être révélée par le dosage de phytostérols (stigmastérol, β -sitostérol) présents uniquement dans les huiles végétales (Nair *et al.*, 2006).

La **substitution de protéines animales par des protéines végétales** dans les produits carnés peut être révélée par des tests ELISA spécifiques (exemple : protéines de soja, Belloque *et al.*, 2002).

La détection d'**irradiation de la viande** de volailles peut être réalisée par spectroscopie de résonance paramagnétique électronique (Marchioni *et al.*, 2005a ; 2005b) ou en mesurant les composés hydrocarbonés et les 2-alkylcyclobutanones par chromatographie gazeuse (Horvatovich *et al.*, 2000).

Pour **distinguer une viande fraîche d'une viande congelée**, la méthode la plus couramment utilisée est celle de la mesure de l'activité enzymatique de la β -HydroxyAcyl-CoA-DésHydrogénase (HADH) dans le jus exsudé par la viande (Ballin, 2010). Il est possible de mesurer l'activité d'autres enzymes telle que la citrate synthase (Simoniova *et al.*, 2013 ; Figure 3) ou d'utiliser des méthodes chimiométriques (Boerrigter-Eenling *et al.*, 2017 ; Figure 4). Ivanova *et al.* (2014) ont mesuré l'évolution du ribose impliqué dans une réaction de Maillard avec les protéines et initiée par la congélation. Ils ont ensuite calculé les valeurs BME (« Bovine Melanoidin Equivalent ») des cuisses et filets

de poulets frais et congelés. Lorsque ces valeurs sont inférieures respectivement à 30 et 51 mg BME/g, les morceaux ont été congelés puis décongelés. La SPIR a également été testée avec succès permettant de classer 94,4 % des filets de poulets frais et 96,8% des filets de poulets congelés-décongelés (Atanassova *et al.*, 2018).

Il y a peu d'études dans la littérature concernant l'authentification des **procédés de cuisson**. Des produits de la réaction de Maillard ou l'acrylamide qui se forme au-delà de 120°C pourrait être utilisés comme marqueurs.

Les composés organiques pouvant être utilisés comme **additifs** sont nombreux (colorants, arômes, conservateurs, enzymes) et les méthodes de détection doivent être spécifiques.

Afin de limiter les **additions d'eau** frauduleuses, la réglementation fixe un ratio eau/protéines. Pour les volailles, ce ratio permet de détecter aussi les méthodes de refroidissement des carcasses. En Europe, seul le refroidissement par air est autorisé. Le refroidissement par bain d'eau est largement utilisé en Amérique du nord. En Europe, il est autorisé pour l'exportation de poulets congelés. Avec la sélection sur la vitesse de croissance, l'âge à l'abattage du poulet standard ne cesse de décroître. Ceci a pour conséquence une augmentation du ratio teneur en eau/teneur en protéines des filets qui selon la législation européenne ne doit pas dépasser 3,40 (Règlement CE No 543/2008, Annexe 8). Hahn *et al.* (2013) ont montré que ce ratio avait progressé pour la production de poulets standards en Allemagne de 3,10 en 1993 à 3,31 en 2012, avec une proportion accrue de filets dépassant la valeur limite autorisée par la législation.

Figure 3 : Effet de la congélation et de la conservation sur l'activité de la citrate synthase dans la viande de poulet (Simoniova *et al.*, 2013)

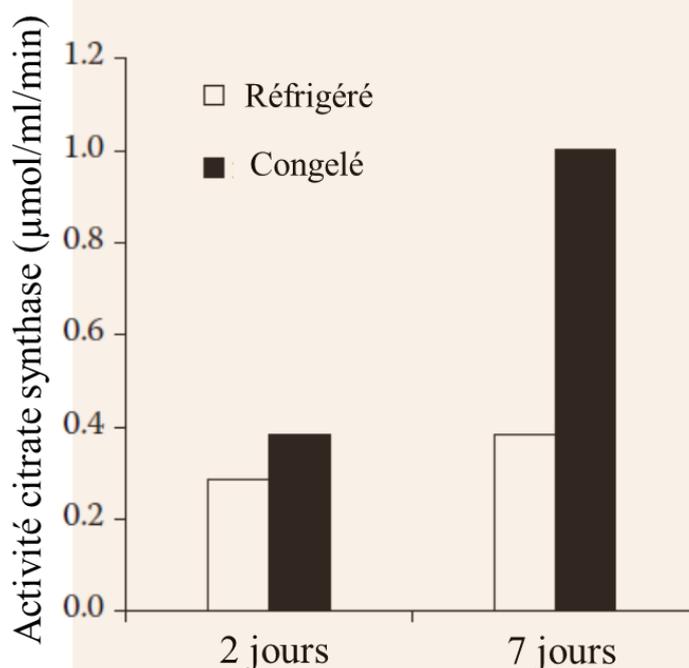
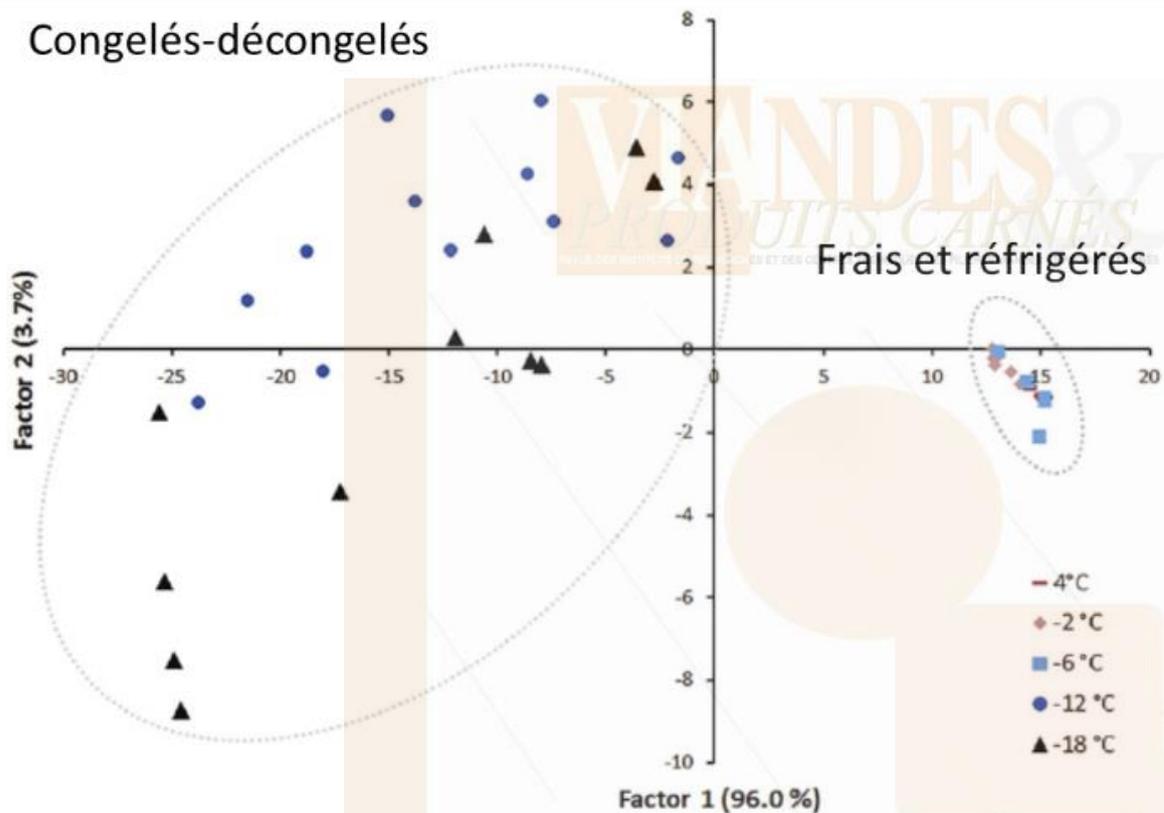


Figure 4 : Discrimination de filets de poulets frais réfrigérés ou congelés-décongelés grâce à une analyse en composantes principales de l'activité enzymatique de β -hydroxyacyl-CoA-déshydrogénase
(données centrées et normalisées de la première minute de la réaction enzymatique ; Boerrigter-Eenling *et al.*, 2017)



CONCLUSIONS

Jusqu'à présent, pour répondre à la demande du législateur, les efforts techniques ont surtout porté sur la détection d'adultération des produits. Cependant, le développement de nouvelles techniques analytiques et chimiométriques permet d'obtenir des méthodes de plus en plus sensibles et fiables pour authentifier les aliments. Les techniques basées sur l'utilisation de l'ADN pour authentifier l'origine des animaux sont fiables, rapides et de moins en moins coûteuses. Les technologies basées sur le fractionnement isotopique naturel spécifique par résonance magnétique nucléaire et la détermination de ratio d'isotopes par spectrométrie de masse sont spécifiques et très sensibles, mais elles ne pourront pas être utilisées à grande échelle du

fait du coût élevé de ces instruments. La spectroscopie infrarouge est caractérisée par une sensibilité élevée, et elle peut être couplée avec une analyse chimiométrique. La chromatographie en phase gazeuse est rapide mais nécessite des étapes préalables d'extraction qui peuvent être fastidieuses. Le nez électronique est d'utilisation facile et rapide et son coût est modéré mais cette technique dépend de la qualité des capteurs. Les efforts de recherche doivent donc être poursuivis pour développer des techniques rapides, fiables, simples d'utilisation et peu coûteuses pour répondre aux nouvelles attentes qui concernent, en particulier, l'authentification des modes de production.

Références :

- Alikord M., Momtaz H., Keramat J., Kadivar M., Rad A.H. (2018). Species identification and animal authentication in meat products: a review. *Food Measure*, 12, 145-155.
- Al Jowder O., Defernez M., Kemsley E.K., Wilson R.H. (1999). Mid-infrared spectroscopy and chemometrics for the authentication of meat products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (8), 3210-3218.
- Arvanitoyannis I.S. (2015). *Authenticity of foods of animal origin*. CRC Press, Florida, USA, 334 p.
- Atanassova S., Stoyanchev T., Yorgov D., Nachev V. (2018). Differentiation of fresh and frozen-thawed poultry breast meat by near infrared spectroscopy. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24 (supplement 1), 162-168.
- Ballin N.Z. (2010). Authentication of meat and meat products. *Meat Science*, 86, 577-587.
- Belloque J., Garcia M.C., Torre M., Marina M.L. (2002). Analysis of soyabean proteins in meat products: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42 (5), 507-532.
- Boerrigter-Eenling R., Alewijn M., Weesepoel Y., Van Ruth S. (2017). New approaches towards discrimination of fresh/chilled and frozen/thawed chicken breasts by HADH activity determination: customized slope fitting and chemometrics. *Meat Science*, 126, 43-49.

- Camin F., Bontempo L., Perini M., Piasentier E. (2016). Stable isotope ratio analysis for assessing the authenticity of food of animal origin. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, 868-877.
- Chang H.W., Cheng C.A., Gu D.L., Chang C.C., Su S.H., Wen C.H., Chou Y.C., Chou T.C., Yao C.T., Tsai C.L., Cheng C.C. (2008). High-throughput avian molecular sexing by SYBR Green-based real-time PCR combined with melting curve analysis. *BMC Biotechnology*, 8 (12), 1-8.
- Chartrin P., Berri C., Le Bihan-Duval E., Quentin M., Baéza E. (2005). Lipid and fatty acid composition of fresh and cured-cooked breast meat of standard, certified and label chickens. *Archiv für Geflügelkunde*, 69 (5), 219-225.
- Chisholm J., Sanchez A., Brown J., Hird H. (2008). The development of species-specific real-time PCR assays for the detection of pheasant and quail in food. *Food Analytical Methods*, 190-194.
- Cottenet G., Sonnard V., Blancpain C., Ho H.Z., Leong H.L., Chuah P. F. (2016). A DNA macro-array to simultaneously identify 32 meat species in food samples. *Food Control*, 67, 135-143.
- Dardenne P., Fumière O., Romnee J.M., Berben G. (2001). Développement de systèmes analytiques pour le contrôle de l'authenticité de viandes certifiées. Rapport de projet NP/42/022, 112 p.
- Franke B., Haldimann M., Gremaud G., Bosset J.O., Hadorn R., Kreuzer M. (2008a). Element signature analysis: its validation as a tool for geographic authentication of the origin of dried beef and poultry meat. *European Food Research and Technology*, 227 (3), 701-708.
- Franke B., Hadorn R., Bosset J.O., Gremaud G., Kreuzer M. (2008b). Is authentication of the geographic origin of poultry meat, and dried beef improved by combining multiple trace element and oxygen isotope analysis? *Meat Science*, 80 (3), 944-947.
- Franke B., Koslitz S., Micaux F., Piantini U., Maury V., Pfammatter E., Wunderli S., Gremaud G., Bosset J.O., Hadorn R., Kreuzer M. (2008c). Tracing the geographic origin of poultry meat and dried beef with oxygen and strontium isotope ratios. *European Food Research and Technology*, 226 (4), 761-769.
- Girard J.P., Culioli J., Denoyer C., Berdagué J.L., Touraille C. (1993). Discrimination de deux populations chez deux espèces de volailles sur la base de leur composition en lipides. *Archiv für Geflügelkunde*, 57, 9-15.
- Hahn G., Piene A.K., Janisch S., Wicke M. (2013). Study on the physiological water/protein ratio in breast fillet from chicken reared in 2012. *Proceedings of XX1th European Symposium on the Quality of Poultry Meat*, 15-19/09/13, Bergamo (Italy), 10.
- Hellberg R.S., Hernandez B.C., Hernandez E.L. (2017). Identification of meat and poultry species in food products using DNA barcoding. *Food Control*, 80, 23-28.
- Hird H., Chisholm J., Brown J. (2005). The detection of commercial duck species in food using a single probe-multiple species-specific primer real-time PCR assay. *European Food Research Technology*, 221, 559-563.
- Horvatovich P., Miesch M., Hasselmann C., Marchioni E. (2000). Supercritical fluid extraction of hydrocarbons and 2-alkylcyclobutanones for the detection of irradiated foodstuffs. *Journal of Chromatography A*, 897 (1-2), 259-268.
- Ivanova I., Ivanov G., Shikov V., Ivanova S. (2014). Analytical method for differentiation of chilled and frozen-thawed chicken meat. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: Food Technology*, 18 (2), 43-53.
- Lago F.C., Herrero B., Madrinan M., Vieites J.M., Espineira M. (2011). Authentication of species in meat products by genetic techniques. *European Food Research Technology*, 232, 509-515.
- Le Bihan-Duval E., Nadaf J., Berri C., Pitel F., Graulet B., Godet E., Leroux S.Y., Demeure O., Lagarrigue S., Duby C., Cogburn L., Beaumont C., Duclos M.J. (2011). Detection of a Cis eQTL controlling BCMO1 gene expression leads to the identification of a QTG for chicken breast meat color. *Plos One*, 6, e14825.
- Ly J., Zhao Y. (2017). Combined stable isotopes and multi-element analysis to research the difference between organic and conventional chicken. *Food Analytical Methods*, 10, 347-353.
- Marchioni E., Horvatovich N., Charon H., Kuntz F. (2005a). Detection of irradiated ingredients included in low quantity in non-irradiated food matrix. 1. Extraction and ESR analysis of bones from mechanically recovered poultry meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (10), 3769-3773.
- Marchioni E., Horvatovich N., Charon H., Kuntz F. (2005b). Detection of irradiated ingredients included in low quantity in non-irradiated food matrix. 2. ESR analysis of mechanically recovered poultry meat and TL analysis of spices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (10), 3774-3778.
- Martin I., Garcia T., Fajardo V., Lopez-Calleja I., Rojas M., Hernandez P.E., Gonzalez I., Martin R. (2007a). Mitochondrial markers for the detection of four duck species and the specific identification of Muscovy duck in meat mixtures using the polymerase chain reaction. *Meat Science*, 76, 721-729.
- Martin I., Garcia T., Fajardo V., Lopez-Calleja I., Rojas M., Pavon M.A., Hernandez P.E., Gonzalez I., Martin R. (2007b). Detection of chicken, turkey, duck and goose tissues in feedstuffs using species-specific polymerase chain reaction. *Journal of Animal Science*, 85, 452-458.
- Nair V.D., Kanfer I., Hoogmartens J. (2006). Determination of stigmaterol, beta-sitosterol and stigmastanol in oral dosage forms using high performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41 (3), 731-737.
- Pegels N., Gonzalez I., Lopez-Calleja I., Fernandez S., Garcia T., Martin R. (2012). Evaluation of a TaqMan real-time PCR assay for detection of chicken, turkey, duck and goose material in highly processed industrial feed samples. *Poultry Science*, 91, 1709-1719.
- Rahmati S., Julkapli N.M., Yehye W.A., Basirun W.J. (2016). Identification of meat origin in food products - A review. *Food Control*, 68, 379-390.
- Ratel J., Peyron M., Baéza E., Engel E. (2009). Biomarqueurs volatils distinctifs de la volaille « Géline de Touraine ». 8èmes Journées de la Recherche Avicole, Saint-Malo (France), 25-26/03/09, 410-414.
- Ren Y., Li X., Liu Y., Yang L., Cai Y., Quan S., Pan L., Chen S. (2017). A novel quantitative real-time PCR method for identification and quantification of mammalian and poultry species in foods. *Food Control*, 76, 42-51.
- Rhodes C.N., Lofthouse J.H., Hird S., Rose P., Reece P., Christy J., Macarthur R., Brereton P.A. (2010). The use of stable carbon isotopes to authenticate claims that poultry have been corn-fed. *Food Chemistry*, 118, 927-932.

Rodriguez M.A., Garcia T., Gonzalez I., Asensio L., Hernandez P.E., Martin R. (2003a). Qualitative PCR for the detection of chicken and pork adulteration in goose and mule duck “foie gras”. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 83, 1176-1181.

Rodriguez M.A., Garcia T., Gonzalez I., Asensio L., Mayoral B., Lopez-Calleja I., Hernandez P.E., Martin R. (2003b). Identification of goose, mule duck, chicken, turkey and swine in foie gras by species-specific polymerase chain reaction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (6), 1524-1529.

Rodriguez M.A., Garcia T., Gonzalez I., Asensio L., Mayoral B., Lopez-Calleja I., Hernandez P.E., Martin R. (2003c). Development of a polymerase chain reaction assay for species identification of goose and mule duck in foie gras product. *Meat Science*, 65, 1257-1263.

Rodriguez M.A., Garcia T., Gonzalez I., Asensio L., Hernandez P.E., Martin R. (2004). Quantitation of mule duck in goose foie gras using TaqMan real-time polymerase chain reaction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 1478-1483.

Sentandreu M.A., Fraser P.D., Halket J., Patel R., Bramley P.M. (2010). A proteomic-based approach for detection of chicken in meat mixes. *Journal of Proteome Research*, 9, 3374-3383.

Sentandreu M.A., Sentandreu E. (2014). Authenticity of meat products: tools against fraud. *Food Research International*, 60, 19-29.

Simoniova A., Rohlik B.A., Skorpilova T., Petrova M., Pipek P. (2013). Differentiation between fresh and thawed chicken meats. *Czech Journal of Food Science*, 31 (2), 108-115.

Vinci G., Preti R., Tieri A., Vieri S. (2012). Authenticity and quality of animal origin food investigated by stable-isotope ratio analysis. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 93 (3), 439-448.