

Histological techniques for quality control of meat and meat products

R. Guelmamene^{1*}, O. Bennoune¹, R. Elgroud²

¹ Institut des sciences vétérinaires et des sciences agronomiques,
université Batna 1, Algérie

² Institut des Sciences Vétérinaires d'ElKhroub, Université des Frères
Mentouri, Constantine 1, Algérie.

Abstract. Histological examination of meat and meat products allows for direct identification and differentiation of individual components. The purpose of this article is to highlight the importance of the results of the qualitative and quantitative evaluation of meat and meat products on the basis of histological analysis. Such an analysis allows quality control of meat and meat products through content determination, detection of unauthorized (animal or plant) tissue, verification of labeling (histomorphometric analysis), the specificity of the animal source source of the raw material, the assessment of tenderness, the detection and evaluation of mechanically separated meat, the detection of parasite, the prediction of the quality of the meat subjected to freezing and the defrosting, evaluation of the impact of post-slaughter manipulations on quality, detection of muscle degeneration, evaluation of certain methods of treatment or preservation of meat and meat products. On the basis of this evidence, histological techniques can be a simple, fast, economical, decisive and conclusive tool for quality control of such foodstuffs.

Keywords: histological techniques, quality, meat, control, meat products.

Les techniques histologiques au service du contrôle de la qualité de la viande et des produits carnés

Résumé : L'examen histologique de la viande et des produits à base de viande permet une identification directe et une différenciation des composants individuels. L'objectif de cet article est de mettre en évidence l'importance des résultats de l'évaluation, qualitative et quantitative, des viandes et des produits carnés sur la base de l'analyse histologique. Une telle analyse permet le contrôle de la qualité des viandes et des produits carnés par le biais de la détermination du contenu, la détection de tissus non autorisés (d'animaux ou végétaux), la vérification de l'étiquetage (l'analyse histomorphométrique), la spécificité de l'espèce animale source de la matière première, l'évaluation de la tendreté, la détection et l'évaluation des viandes séparées mécaniquement, la détection de parasites, la prédiction de la qualité des viandes soumises à la congélation et à la décongélation, l'évaluation de l'impact des manipulations post-abattage sur la qualité, la détection de la dégénérescence musculaire, l'évaluation de certaines méthodes de traitement ou de conservation de la viande et des produits carnés. Sur la base de ces preuves, les techniques histologiques peuvent être un outil simple, rapide, économique, décisif et concluant pour le contrôle de la qualité de telles denrées alimentaires.

Mots clés: techniques histologiques, qualité, viandes, contrôle, produits carnés.

* Corresponding author.

E-mail: guelmamenerahma@outlook.com (R. Guelmamene).

Address: Institut des sciences vétérinaires et des sciences agronomiques,
université Batna 1, Algérie

Introduction

Les méthodes de la microscopie, à côté de celles de la chimie, de l'immunochimie et de la biologie moléculaire, représentent une autre alternative et dans certains cas moins coûteuse, pour l'examen et le contrôle des aliments. L'histoire de la microscopie alimentaire remonte à 1850 (l'étude a portée sur le café) [1].

Parallèlement, les techniques histologiques appartiennent aux méthodes, les plus anciennes, utilisées pour l'analyse des denrées alimentaires, afin de détecter leur contamination ou leur falsification intentionnelle, en particulier les produits à base de viande où elles ont été utilisées depuis 1910[2]. En Europe, par exemple, Clinquart (2006) a donné un aperçu des recherches menées dans le même domaine d'analyse des denrées alimentaires. 75% des études ont été faites sur les produits carnés, et dont 25% ont été réalisées en utilisant l'histologie comme discipline [3].

Les techniques histologiques sont largement utilisées pour l'évaluation de la qualité de la viande et des produits carnés ainsi que la mise en évidence des tissus non autorisés..

1. Evaluation du contenu et de la qualité

Aujourd'hui, différentes techniques de bio-imagerie sont disponibles pour la détermination microscopique des composants alimentaires. Couramment, la méthode la plus utilisée est la microscopie optique, celle-ci permet d'identifier toutes les structures présentes, par leurs caractéristiques morphologiques. De plus, les colorations spéciales permettent de mettre en évidence des structures "sélectionnées", avec des couleurs différentes de celles des autres parties du produit examiné[1].

L'histologie topographique des produits carnés permet :

- L'évaluation de la qualité de la matière première utilisée ainsi que l'effet des étapes de transformation[4].
- L'analyse, avec précision des paramètres de qualité, en détectant et en mesurant le contenu en tissus d'animaux spécifiques (musculaire, conjonctif et adipeux...). À ce propos, plusieurs recherches, histologiques ont été publiées, à savoir : l'évaluation du contenu de huit marques de hotdog [5], hamburger[6], et autres produits carnés[4, 7, 8, 9, 10, 11].
- L'authentification et l'identification de la composition. Ces dernières années, l'intérêt pour l'authenticité a augmenté et beaucoup de consommateurs sont préoccupés par la viande ainsi que les produits carnés qu'ils mangent [8].

L'objectif est généralement un examen qualitatif; C'est à dire, la détection de la présence des tissus individuels et l'évaluation de leur acceptabilité ou de leur adéquation pour un produit donné [2]. Autrement dit, établir un diagnostic avec certitude de la composition, lorsque tous les éléments caractéristiques sont mis en évidence, surtout que de très faibles teneurs peuvent être détectées sur les coupes histologiques [12].

2. Détection de tissus animaux non autorisés

C'est l'avantage majeur des techniques histologiques. Des études publiées ont montré :

- L'addition de certains tissus indésirables d'abattoir, à savoir des viscères, gésiers, des gonades, ovaires, des ganglions lymphatiques, du cartilage hyalin, de l'os, la peau et des nerfs périphériques[10].
- La présence de muscle strié, du tissu adipeux et conjonctif, qui est tout à fait normal, mais aussi des vaisseaux sanguins, du tissu glandulaire et nerveux. Le cartilage et l'os n'étaient pas observés dans les pièces des saucisses examinées par Malakauskiene et al., (2016) [4].
- Une observation claire de poumon, estomac de ruminant, grands vaisseaux sanguins élastiques, muscle cardiaque, cartilage (fibrocartilage hyalin), os spongieux et du tissu lymphatique (la rate), dans des sandwiches à viande [13].
- Avinee et al.(2010), ont examiné six échantillons de saucisses, merguez et chipolatas,tous les échantillons renfermaient des fragments de tissu fibro-tendineux et pour certains de l'os et du cartilage. Alors que des glandes salivaires ont été présentes dans les saucisses et des fragments de tissu lymphoïde dans les merguez. Cependant, le tissu nerveux n'a pas été mis en évidence dans les échantillons évalués [7].
- En dehors du muscle squelettique, une variété de tissus a été observée par Prayson et al.(2008) dans les deux études faites sur le hotdog et le hamburger, à savoir l'os et le cartilage, les vaisseaux sanguins, nerf périphérique et la peau [6].

3. Détection de tissu végétal

Les produits des industries de transformation de la viande ne sont pas composés uniquement de matières d'origine animale.

Une simple observation microscopique, des lames colorées à H&E, permet d'identifier facilement les constituants d'origine végétale, sous leur forme traditionnelle [1]. Leur détection, dans les produits carnés, associée à une estimation de la quantité réelle permet de surveiller ainsi la qualité de tels produits [14].

D'ailleurs, de nombreuses méthodes, telles que l'immunochimie, la biologie moléculaire et l'histologie, ont été développées pour détecter les matières végétales dans les produits carnés. Ceci est la conséquence du fait que l'addition frauduleuse de tissu végétal dans de telles denrées est importante, non seulement pour la qualité du produit (considérée comme adultération), mais également pour la sûreté alimentaire : ce sont des allergènes pour certains consommateurs [15]. La même équipe a utilisé l'histologie pour identifier du soja dans la viande hachée. Abdel Hafeez et al. (2016) ont détecté de l'oignon, dans les échantillons examinés (Kofta, Hawawshi, et sandwich à shawerma)[13]. Le matériel végétal a été aussi observé dans certaines études citées ci-dessus [5, 6, 10].

4. Détection des parasites

Sarcocystis.spp., est un parasite intracellulaire obligatoire chez les mammifères, qui exprime untaux d'infection considérable chez les ovins et les bovins surtout (REF).

L'infection humaine par *Sarcocystis* peut être liée à la consommation de viande crue, insuffisamment cuite ou de produits carnés contenant le parasite enkysté[16]. Les résultats, de l'étude faite par la même équipe, ont montré que plus de 80% des échantillons testés ont été infectés par *Sarcocystis*. Le taux d'infection dans la saucisse et le hamburger était de 83,33% et 87,5% respectivement. À noter que tous les échantillons ont été traités par la coloration de Giemsa et observés sous microscope optique.

L'examen histologique a permis d'identifier des parasites, dans des hamburgers de fastfood, dont les caractéristiques étaient de "*Sarcocystis*spp." : parasite situé dans le cytoplasme des fibres musculaires[6].

Dans le même contexte, l'histologie a été qualifiée comme une méthode simple et peu coûteuse pour la détection des parasites dans les échantillons de poisson frais, les aliments destinés à la transformation (pulpe de poisson) et dans les produits finis (saumon fumé). La méthode a permis le diagnostic de deux parasites importants, de par leur fréquence chez le poisson et leur répartition cosmopolite, qui sont : *Anisakis simplex* et *Kudoaspp.*[17].

5. Vérification de l'étiquetage

En fait, l'évaluation du contenu et la détection de tissus non autorisés (animal ou végétal) s'entrecroisent pour constituer des éléments clés pour vérifier l'étiquetage.

Pour les produits carnés, bien que les étiquettes indiquent la viande, le plus souvent comme premier ingrédient, les techniques histomorphométriques ont démontré d'autres choses. Par exemple, Prayson et al. (2008a) ont révélé que la viande comprenait moins de 10% du poids des produits examinés (contrairement à ce qui a été mentionné sur l'étiquetage) [5].

6. Evaluation de la tendreté

La teneur et la répartition spatiale du tissu conjonctif entre les faisceaux musculaires déterminent la tendreté de la viande. Dubost et al. (2013) ont utilisé l'histologie, pour évaluer l'impact des caractéristiques structurelles du tissu conjonctif intramusculaire sur la qualité du muscle [18]. Les résultats ont montré que le contenu en protéoglycanes, c'est-à-dire en collagène, contribue négativement à la succulence. Les lipides intramusculaires sont liés franchement à la tendreté et la saveur. La méthode a été aussi étudiée, avec le test de Warner-Bratzel, pour prédire la tendreté de la viande bovine [19].

Toutefois, l'architecture moléculaire du sarcomère est telle, qu'elle définit l'interaction des filaments d'actine-myosine et les limites entre les disques Z, influence non seulement la tendreté mais également la capacité de rétention d'eau [20].

7. Spécificité de l'espèce animale source de la matière première

L'identification de l'espèce animale à l'origine de la matière première, dans des échantillons de produits carnés est pertinente pour les consommateurs et les producteurs.

Cela est dû à la perte économique possible, due aux falsifications frauduleuses, aux exigences médicales des individus, qui pourraient avoir des allergies spécifiques ou pour des raisons religieuses [21].

Plusieurs techniques modernes permettent d'identifier l'espèce animale source de la viande, qui est utilisée en industrie des produits carnés, elles comptent entre autre l'histologie et l'analyse de l'image[22]. Par exemple :

- Singh et Sachan (2011) ont réussi l'identification de l'espèce dans des mélanges de viande de vache et de buffle, en vue de la lutte contre l'abattage illégal de ce dernier. La mesure de la

longueur des fibres musculaires, le diamètre et la densité de celles-ci dans un champ visuel, microscopique, a permis la distinction entre les deux espèces[23].

La même équipe a mentionné que la zone nécessite une attention spécialisée. La spécificité de l'espèce constitue un domaine de gestion important pour le contrôle de la qualité, dans l'industrie des viandes et la technologie des produits carnés.

8. Prédiction de la qualité des viandes soumises à la congélation et la décongélation

La congélation est un moyen très important pour préserver la viande. Cette dernière est fréquemment utilisée, après décongélation, comme matière première pour de nombreux produits carnés ou directement pour la préparation de différents plats [24].

• La congélation

Le stockage congelé a été toujours utilisé pour garantir la qualité de la viande, jusqu'à ce qu'elle atteigne le consommateur[25], alors qu'il entraîne des modifications structurelles directement liées à la vitesse de la congélation ; Quand celle-ci est rapide (0,5 °C/minute), elle entraîne la formation de nombreux petits cristaux de glace, uniformément répartis à l'intérieur et à l'extérieur des cellules musculaires ; Quand elle est lente (0,05 °C/minute), elle favorise la formation de grands cristaux de glace, à des quantités plus faibles et dans la région extracellulaire, causant des dommages plus importants aux cellules. À côté de ça, la congélation, en général, entraîne la diminution du diamètre de la fibre musculaire et de la longueur des sarcomères [26, 27, 28].

Parallèlement, l'utilisation de la microscopie a été suffisamment justifiée comme outil d'évaluation du degré des dommages cellulaires causés par la congélation. Celui-ci dépend de la taille et de l'emplacement des cristaux :

Le microscope optique a montré des :

- Déformations graves avec rupture des faisceaux des fibres musculaires. Les diamètres des cristaux de glace étaient entre 60 µm et 95 µm, selon la vitesse de congélation (Ballin et Lametsch, 2008).
 - Altérations des myocytes et du tissu conjonctif intramusculaire.
 - Ruptures des endomysiums [27].
- Le microscope électronique a confirmé ces dommages par la mise en évidence des :
- Degrés de détérioration de la microstructure, selon la vitesse de congélation[26].
 - Altérations des myofibrilles intracellulaires.
 - Ruptures des sarcomères [27].

Toutefois, plus de recherches sont nécessaires pour établir la relation exacte (en plus des impacts majeurs) entre la vitesse de congélation et les lésions cellulaires conséquentes. L'idée générale que la congélation rapide endommage la viande dans une mesure moindre que la congélation lente est à vérifier[26].

• La décongélation

Concernant la décongélation, la notion que la qualité de la viande n'est pas liée uniquement aux méthodes de congélation, mais aussi aux conditions et aux méthodes utilisées pour la décongélation, a

été confirmée dans l'étude faite par Oliveira et al. (2015). L'objectif était d'évaluer les caractéristiques structurelles des moitiés de poulet soumises à une congélation rapide (à -36 °C pendant deux heures), puis décongelées par cinq méthodes différentes : sous réfrigération, au micro-ondes, dans un four avec circulation d'air, placé dans de l'eau froide et à température ambiante. L'analyse histologique des échantillons, sous le microscope optique, après décongélation a révélé que :

- Toutes ces méthodes ont affecté les caractéristiques structurelles de la viande :
 - Augmentation des espaces intercellulaires, et diminution des diamètres cellulaires.
 - Désintégration de la striation caractéristique de la cellule musculaire.
 - Œdème intracellulaire et même des dégénérescences.
- La décongélation dans de l'eau froide a présenté les meilleurs résultats et semble causer moins de dégâts ; de légers dommages de la structure cellulaire permettant à celle-ci de maintenir ses propriétés[28].

9. Impact des manipulations post-abattage sur la qualité de la viande

Dans l'étude menée par Bayraktaroglu et Kahraman (2011), sur l'effet de la méthode "d'étirement" sur la qualité de la viande et l'ultrastructure du biceps fémoral du bœuf, l'analyse histologique a permis de conclure que l'étirement musculaire est un moyen très utile pour améliorer la tendreté de la viande.

Après l'abattage, le côté droit des carcasses a été suspendu du tendon d'Achille, alors que le côté gauche a été accroché par l'os pelvien puis suspendu :

- Sous le microscope optique, la longueur des sarcomères a augmenté de 0,13 μm à 0,14 μm pour le muscle accroché par l'os pelvien, et de 0,12 μm à 2,7 μm pour le muscle suspendu du tendon d'Achille, en 10 jours de *post mortem*.
- Le microscope électronique a prouvé que l'ultrastructure du biceps fémoral avait les plus longs sarcomères et les plus petits diamètres des fibres après étirement (éléments reliés directement à la tendreté)[29].

10. Dégénérescence musculaire

De la dégénérescence musculaire, des vacuoles cytoplasmiques et une désorganisation de la striation cytoplasmique musculaire (signe précurseur de l'œdème) ont été observées, sous le microscope optique dans l'étude faite par Oliveira et al. (2015) ; celle-ci a porté sur des moitiés de poulet congelées-décongelées[28]. Latorre et al. (2015) ont appliqué la méthode histologique pour la détection de tissus non autorisés dans les produits carnés, les résultats ont montré, en outre, un muscle squelettique avec des signes de modifications dégénératives, sur les échantillons de saucisses examinés[10]. Le microscope électronique, aussi, a illustré des myocytes dégénérées dans l'étude faite, sur le hotdog, par Prayson et al. (2008a)[5].

11. Examen histologique comme alternative à l'analyse chimique

D'une part, l'analyse chimique n'offre pas une véritable approche pour détecter les viandes séparées mécaniquement dans les produits carnés, une méthode alternative doit être établie[30]. D'autre part, l'analyse de l'image a été décrite dans la littérature comme une méthode qui donne des résultats objectifs, précis et comparables à ceux des essais chimiques [2].

L'objectif de l'étude réalisée par Tremlova et Štarha (2003) était d'établir une procédure d'évaluation quantitative par l'examen histologique, afin de contrôler la teneur en os dans les produits carnés. Les résultats ont été confirmés par comparaison avec des analyses chimiques, déterminant les niveaux de calcium, et par spectrométrie d'absorption atomique. La corrélation des deux méthodes, histologique et chimique, a été exprimée par un coefficient de 0,78 [2].

Pour Durand (2005), l'histologie exprime des résultats globaux et complémentaires aux dosages chimiques, non seulement pour la détection de l'os ; Par exemple, les faibles taux d'amidon titrés par la chimie peuvent "provenir des épices", alors que l'amidon n'était pas "ajouté", ni comme liant ni frauduleusement. L'analyse histologique "*sait différencier*" les deux origines d'amidon [12].

L'approche analytique de l'utilisation des techniques histologiques et chimiques en parallèle, pourrait donner une idée pertinente sur le contenu des matières premières, qui influe directement la qualité des produits finaux [31]. Les deux méthodes étaient de même valeur et avaient des limites ; la notion de les utiliser ensemble présente, en plus des avantages, quelques inconvénients. Néanmoins, l'analyse histologique peut indiquer ou permet d'obtenir une image plus complète de la composition et/ou de la qualité des viandes et des produits carnés, que celle obtenue par l'intermédiaire de l'analyse chimique seule [2, 4, 32].

12. Histomorphométrie

L'essai histologique quantitatif, l'histométrie, est l'un des moyens scientifiques fiable pour déterminer la qualité et la composition des produits carnés [32].

Le développement de "l'histologie de traitement des aliments" a permis de considérer son utilisation possible pour l'évaluation, des composants individuels, de ceux-ci sur la base quantitative, elle était un examen qualitatif.

Pour les produits à base de viande, les quantités ont été initialement décrites. Plus tard, le contenu a été exprimé en pourcentages ; ce fait, a initié le démarrage réel de la prétendue "histométrie", grâce à des analyses approfondies et la proposition des procédures objectives de l'évaluation des résultats [2].

Les études sur la possibilité d'utiliser les méthodes histologiques pour la détermination quantitative des composants des produits carnés ont été publiées dans un certain nombre de documents, depuis les années quatre-vingts du dernier siècle. Koolmees et Bijker (1985) ont discuté les avantages et les inconvénients de l'utilisation des méthodes histométriques, pour la détermination du pourcentage de tissu fibreux et du collagène dans les produits carnés [32].

Récemment, l'exactitude quantitative et qualitative des méthodes histomorphométriques a été largement réévaluée. À titre d'exemple, pour la détermination des tissus, animal et végétal, non autorisés dans les viandes hachées préalablement préparées avec des teneurs de 10, 15 et 20% de soja et du gésier, l'analyse histométrique a prouvé qu'il n'y avait pas de différence, significative, entre les pourcentages estimés des tissus additionnés et des vrais pourcentages relatifs, et suggère la technique comme méthode efficace pour les évaluations qualitatives et quantitatives de tels produits [15].

D'ailleurs l'histomorphométrie est une approche révolutionnaire et de plus en plus applicable. Plusieurs études ont été axées sur celle-ci, pour évaluer les teneurs en viande et en graisse, surtout, dans différentes marques de produits carnés et pour comparer leurs résultats aux données des étiquettes [5, 6, 7].

13. Analyse histomorphométrique et chimique combinée

Quand des produits à base de viande sont soumis à l'examen histométrique, chaque tissu est déterminé directement par identification microscopique, sa surface est proportionnelle à son volume dans l'échantillon initial. Alors que dans l'analyse chimique il est évalué indirectement.

Pour quantifier le collagène ou les protéines musculaires, par exemple, leurs composants qui sont l'hydroxyproline et l'azote respectivement, sont détectés (chimiquement), puis les teneurs en protéines totales et en collagène, dans le produit de départ, sont calculées par conversion : quantifier l'hydroxyproline pour le collagène et l'azote pour les protéines totales. La teneur en protéines musculaires peut être déterminée indirectement en soustrayant la quantité de collagène du total des protéines et vice versa[32].

L'approche de l'analyse histomorphométrique et chimique combinée a été étudiée et appliquée dans quelques recherches, surtout pour évaluer la qualité des viandes séparées mécaniquement (VSM) et obtenues par différentes méthodes de séparation :

- Les résultats de l'analyse histologique, faite par Komrska et al. (2011), ont été en accord avec les résultats de l'analyse chimique. L'examen morphométrique a porté sur la quantification du muscle, de la graisse, du tissu conjonctif (le collagène) et des fragments osseux. L'analyse chimique a porté sur la teneur en tissu conjonctif, en calcium et en graisse [33].
- Les paramètres de qualité pour la chimie (teneur en hydroxyproline (collagène) et en calcium (os)) et l'histologique (détermination du tissu conjonctif et des particules osseuses) ont été évalués par Nagy et al. (2007). Les résultats ont démontré que les VSM contenaient deux fois plus de collagène et d'os [34].

Les avantages et les inconvénients d'employer les méthodes histométriques et chimiques combinées, pour détecter et quantifier le collagène dans des produits à base de viande, ont été étudiés par la même équipe [34]; les résultats obtenus ont montré une forte corrélation, $r = 88$.

Ces techniques combinées, histométrique et chimique, sont valables et toutes les deux fournissent un jugement objectif de la qualité et la quantité des composants essentiels, des produits carnés. Néanmoins, les deux méthodes ont certains inconvénients et impliquent certaines erreurs, elles devraient être employées ensemble et pas indépendamment [4, 32].

14. L'immunohistochimie

La première utilisation de la méthode immunohistochimique dans la filière des produits carnés, a été faite en 1999. L'étude a révélé, en utilisant des anticorps spécifiques "anti-ESN" (anti-énolase spécifique aux neurones), la présence de tissu nerveux central ; c'était une addition frauduleuse de cerveau de bovin, dans des saucisses cuites à base de viande de la même espèce. Les résultats ont permis de conclure que "l'immunohistochimie ESN" représente une méthode appropriée et sélective pour détecter le tissu nerveux central dans les produits carnés, celui-ci représente la principale source infectieuse dans l'encéphalopathie spongiforme bovine [35].

Les méthodes immunohistochimiques ont été, encore, testées pour déterminer si le tissu cérébral pourrait être détecté dans les produits carnés. Ceux-ci ont été préparés avec des teneurs connues en tissu nerveux central, les résultats de l'application de cette technique étaient variables :

- Le traitement thermique appliqué aux produits a influencé l'ampleur des réactions immunohistochimiques (pasteurisation ou stérilisation).
- L'immunoréaction et l'intensité de la coloration ont varié avec le type d'anticorps utilisé, même lorsque les échantillons contenaient la même quantité de tissu cérébral.
- La technique a prouvé sa capacité à détecter le tissu cérébral dans les produits chauffés finement broyés [36].

Dans les deux études faites par Prayson et al. (2008), pour détecter le tissu nerveux central, l'immunohistochemie a été, aussi, utilisée. Alors qu'il n'y avait aucune trace de tissu cérébral ni avec l'examen microscopique ni par utilisation d'anticorps spécifiques (protéine d'acide fibrillaire gliale) [4, 5].

Une autre étude a prouvé la capacité de la technique immunohistochemie, en association avec l'analyse de l'image, de détecter et quantifier, cette fois, des protéines de soja, quand celui-ci est additionné frauduleusement dans les produits carnés [37].

15. Détection et évaluation des viandes séparées mécaniquement

La détection des viandes séparées mécaniquement (VSM) dans les produits carnés constitue un défi majeur pour l'industrie de la viande. La plupart des transformateurs de la viande remplacent illégalement celle-ci, partiellement ou totalement, par des viandes séparées mécaniquement, dans les produits carnés pour réduire le coût économique. Ainsi des saucisses de type émulsion (luncheon) expérimentalement formulées, avec 0, 10, 30, 50, 70, 90% en viandes séparées mécaniquement au lieu de viande, ont été cuites puis examinées. Les coupes histologiques ont montré :

- La présence de la peau et du cartilage, éléments typiques des VSM.
- L'ajout de 10% de VSM n'a pas pu être détecté après cuisson.
- L'utilisation de 30% de VSM est détectée facilement ; elle a considérablement changé les propriétés technologiques du produit [9].

Quant à l'évaluation des viandes séparées mécaniquement utilisées dans les produits alimentaires, les propriétés fonctionnelles de celles-ci doivent être prises en considération ; dans tous les cas, cesont des matières premières relativement non standardisées [31] :

- La notion n'est pas récente, le microscope optique a toujours été utilisé pour évaluer de telles viandes [30].
- Dans l'analyse histologique qui a été effectuée par Botka-petrak et al.(2011) sur une viande de volaille récupérée mécaniquement, les résultats ont montré des coupes longitudinales et transversales du tissu musculaire, mais, également, des produits d'abats, du cartilage et du tissu osseux en quantité assez importante, avec la présence de tissu conjonctif, lipidique et lymphatique, qui sont des éléments typiques des viandes séparées mécaniquement (comme ils indiquent de la qualité de celles-ci) [31] .

L'analyse histologique peut être, aussi, utilisée pour évaluer la qualité des produits carnés dérivés des viandes séparées mécaniquement, dont les propriétés dépendent de la nature et de l'approvisionnement de la matière première utilisée, ainsi que l'ajustement de la machine [1].

16. Evaluation de certaines méthodes de traitement ou de conservation de la viande et des produits carnés

Un des dispositifs les plus importants pour la viande et les produits carnés influençant leurs qualités, pour être acceptés par le consommateur, est la texture ; elle est comprise comme résultante des traitements qu'ils subissent [38].

La dynamique des changements des paramètres histologiques du muscle sous l'influence des manipulations que subit la viande, pour être conservée ou transformée en un produit carné, peut être estimée à l'aide de la bio-imagerie :

- L'injection de la saumure aux muscles a eu comme conséquence de desserrer les fibres musculaires, avec un arrondissement à la coupe.
- Le malaxage n'a pas causé des changements de la structure des fibres muscles, mais il a diminué leur pourcentage dans un champ visuel examiné.
- La pasteurisation a augmenté la circonférence des myocytes et leur pourcentage dans un champ visuel examiné, en comparaison avec le muscle malaxé [38].
- L'utilisation d'enzymes protéolytiques pour améliorer la tendreté de la viande a entraîné la disparition des disques Z, suite à une dégradation des myofilaments d'actine. Néanmoins, la technique était efficace pour augmenter la tendreté de la viande (Gerelt et al., 2000).

La conservation de la viande, fraîche, par l'addition de sel a été, aussi, étudiée. Le sel était ajouté à des pourcentages variables (0,8 et 1,6%). L'examen histologique a mentionné que :

- Le périnysium constitue une barrière à la diffusion du sel dans le muscle, contrairement à l'endomysium.
- Les dommages cellulaires, longueur de sarcomère et attachement du sarcomère au sarcolème, dépendent du pourcentage de sel additionné [39].

Conclusion

La présente synthèse bibliographique a montré la capacité des techniques histologiques dans le contrôle de la qualité des viandes et des produits carnés. Par conséquent, une telle analyse si correctement réalisée et interprétée, peut fournir des informations objectives et valables non seulement pour vérifier la conformité de ces produits avec la réglementation en vigueur mais, également, pour s'assurer de la composition, qualitative et quantitative, de telles denrées et de déceler tout dysfonctionnement au niveau des unités de transformation.

Références bibliographiques

- [1] Pospiech M, Lukášková ZŘ, Tremlová B, Randulová Z, Bartl P. Microscopic methods in food analysis. *MASO Int BRNO*. 2011;1(10):27-34..
- [2] Tremlova B, Štarha P. Histometric Evaluation of Meat Products – Determination of Area and Comparison of Results Obtained by Histology and Chemistry. *Food Sci*. 2003;21(3):101-106.

- [3] Clinquart A. La recherche et le développement en Europe dans le domaine de la qualité et de la technologie de la viande et des produits carnes. In: Carnés V& produits, ed. *Sciences Du Muscle et Technologies Des Viandes*. Saint Amant Tallende France: Viandes & produits carnés; 2006:13-20.
- [4] Malakauskiene S, Alioniene I, Dziugiene D, et al. Histological analysis for quality evaluation of cured meat. *Vet IR Zootech (Vet Med Zoot)*. 2016;74(96):23-26.
- [5] Prayson BE, mcmahon JT, Prayson RA. Applying morphologic techniques to evaluate hotdogs: what is in the hotdogs we eat? *Ann Diagn Pathol*. 2008;12(2):98-102.
- [6] Prayson B, mcmahon JT, Prayson RA. Fast food hamburgers: what are we really eating? *Ann Diagn Pathol*. 2008;12(6):406-409.
- [7] Avinee G, Charfi S, Stocker N, et al. L 'anatomie pathologique , une méthode d ' étude originale des denrées alimentaires Pathological analysis , an original way to study foodstuffs. *Ann Pathol*. 2010;30(10):344-349..
- [8] Ballin NZ. Authentication of meat and meat products. *Meat Sci*. 2010;86(6):577-587.
- [9] Mohamed MA, Zahran DA, Kassem GMA, Emara MMT, Mansour NM. Detection of Mechanically Recovered Poultry Meat (MRPM) in Traditional Egyptian Luncheon (Emulsion Type Sausage). *Polish J food Nutr Sci*. 2016;66(1):17-23. Latorre R, Sadeghinezhad J, Hajimohammadi B, Izadi F, Sheibani MT. Application of Morphological Method for Detection of Unauthorized Tissues in Processed Meat Products. *J Food Qual Hazards Control*. 2015;2(1):71-74.
- [10] Ghisleni G, Stella S, Radaelli E, Mattiello S, Scanziani E. Qualitative evaluation of tortellini meat filling by histology and image analysis. *Int J Food Sci Technol*. 2010;45(2):265-270.
- [11] Durand P. Substances "inésirables." In: *Technologie Des Produits de Charcuterie et de Salaisons*. Paris: Lavoisier Tech& doc; 2005:509-468.
- [12] Abdel Hafeez H, Zaki R, Abd El-magiud D. Applying Light , Histochemical and Scanning Histological Methods for the Detection of Unauthorized Animal and Herbal Content in Street Meat Sandwich: What is in the Sandwich We Eat? *Food Process Technol*. 2016;7(12):11.
- [13] Vaňha J, Kvasnička F. Methods of Detecting Plant Raw Materials in Meat Products – a Review. *Czech J Food Sci*. 2011;29(4):299-307.
- [14] Sadeghinezhad J, Hajimohammadi B, Izadi F, Yarmahmoudi F, Latorre R. Evaluation of the Morphologic Method for the Detection of Animal and Herbal Content in Minced Meat. *Czech J Food Sci*. 2015;33(6):564-569.
- [15] Dehkordi ZS, Yalameha B, Sari AA. Prevalence of Sarcocystis infection in processed meat products by using digestion and impression smear methods in Hamedan, Iran. *Comp Clin Path*. 2017;26(5):1023-1026.
- [16] Delphine MO. Apport de l'histologie dans la détection d'Anisakis simplex et de Kudoa sp. Dans les poissons et les matières premières utilisées dans l'industrie ou dans les produits finis. 2010.
- [17] Dubost A, Micol D, Picard B, et al. Structural and biochemical characteristics of bovine intramuscular connective tissue and beef quality. *Meat Sci*. 2013;95(3):555-561.
- [18] Gicquet M, Philippe M, Guillon-Kroom C, Raoult M. Définition, évaluation et déterminisme de la tendreté de la viande bovine. *Viandes Prod carnés*. 2016;32(3):1-7.
- [19] Ertbjerg P, Puolanne E. Muscle structure, sarcomere length and influences on meat quality: A review. *Meat Sci*. 2017;132(4):139-152.
- [20] Bhat MM, Jalal H, Para PA, Fraudulent Adulteration/Substitution of Meat: A Review. *Int J Recent Res Appl Stud*. 2015;2(12):22-33.
- [21] Nowak KW. Identification of meat types by ultrasonic methods. *Tech Sci*. 2015;18(2):79-84.
- [22] Singh VP, Sachan N. Meat species-Review. *Meat Sci*. 2011;1(1):15-26.

- [23] Carballo J, Cofrades S, Solas MT, Jiménez-Colmenero F. High pressure/thermal treatment of meat batters prepared from freeze-thawed pork. *Meat Sci.* 2000;54(4):357-364.
- [24] Xia X, Kong B, Liu J, Diao X, Liu Q. Influence of different thawing methods on physicochemical changes and protein oxidation of porcine longissimus muscle. *LWT - Food Sci Technol.* 2012;46(1):280-286.
- [25] Ballin NZ, Lametsch R. Analytical methods for authentication of fresh vs . Thawed meat – A review. *Meat Sci.* 2008;80(12):151-158.
- [26] QI J, Li C, Chen Y, Gao F, Xu X, Zhou G. Changes in meat quality of ovine longissimus dorsi muscle in response to repeated freeze and thaw. *Meat Sci.* 2012;92(4):619-626.
- [27] Oliveira MR, Gubert G, Roman SS, Kempka AP, Prestes RC. Meat Quality of Chicken Breast Subjected to Different Thawing Methods. *Poult Sci Ciência Avícola.* 2015;17(2):165-172.
- [28] Bayraktaroglu AG, Kahraman T. Effect of muscle stretching on meat quality of biceps femoris from beef. *Meat Sci MESC.* 2011;88(3):580-583.
- [29] Pickering K, Evans CL, Hargin KD, Stewart CA. Investigation of methods to detect mechanically recovered meat in meat products - III: Microscopy. *Meat Sci.* 1995;40(3):319-326.
- [30] Botka-petrak K, Hraste A, Luci H, et al. Histological and chemical characteristics of mechanically deboned meat of broiler chickens. *Vet Arh.* 2011;81(2):273-283.
- [31] Koolmees PA, Bijker PGH. Histometric and chemical methods for determining collagen in meats. *Vet Q.* 1985;7(2):84-90.
- [32] Komrska P, Tremlová B, Štarha P, Simeonovová J, Randulová Z. A comparison of histological and chemical analysis in mechanically separated meat. *Acta Univ Agric Silvicae Mendelianae Brun.* 2011;59(1):145-152.
- [33] Nagy J, Lenhardt L, Korimová L, et al. Comparison of the Quality of Mechanically Deboned Poultry Meat After Different Methods of Separation. *Meso prvi hrvastaski časopis o mesu.* 2007;9(2):92-95.
- [34] Wenisch S, Lucker E, Eigenbrodt E, Leiser R, Btilte M. Detection of central nervous tissue in meat products - An immunohistochemical approach-. *Nutr Res.* 1999;19(8):1165-1172.
- [35] Tersteeg MHG, Koolmees PA, Van Knapen F. Immunohistochemical detection of brain tissue in heated meat products. *Meat Sci.* 2002;61(1):67-72.
- [36] Randulova Z, Tremlová B, Rezacova-Lukaskova Z, Pospiech M, Straka I. Determination of Soya Protein in Model Meat Products Using Image Analysis. *Czech J Food Sci.* 2011;29(4):318-321.
- [37] Gajewska-szczerbal H, Krzywdzińska-bartkowiak M, Korbik T. Analysis of changes of the histological structure of ham muscles as affected by curing and thermal treatment . *Food Nutr Sci.* 2007;57(2):227-232.
- [38] Lbas R, Asrtruc T, Taylor R, Martin JL, Vendeure JL. Histological characterisation of the effect of added salt in fresh beef sausage. In: *52 International congressmeat Science and Technologie.* Irland; 2006:415-416.
- [39] Gerelt, B, Y Ikeuchi, and A Suzuki. 2000. "Meat Tenderization by Proteolytic Enzymes after Osmotic Dehydration." *Meat Science* 56(3): 311–18.