



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

Département : Technologie Alimentaire

Spécialité : Nutrition Humaine

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

القسم: تكنولوجيا التغذية

التخصص : التغذية البشرية

Mémoire de Fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master

THEME

Détection rapide des fraudes dans les produits carnés destinés à la
consommation humaine.

Présenté par :

BELMOKHTAR Achwak
BOUDJENIDJENA Hiba

Soutenu Publiquement Le 09/10/2025

Devant le jury composé de :

Président :

M. BENCHABANE Ahmed

Professeur à l'ENSA

Promoteur:

M. AMIALI Malek

Professeur à l'ENSA

Examineurs :

Mme. El AICHAR Fairouz

MCB à l'ENSA

Mme. AOUIR Amel

MCB à l'ENSA

Invitée : Mme.KECHACHA Lamia

Doctorante

Promotion : 2020-2025

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur la viande

1	La viande	3
1.1	Definition de la viande	3
1.2	Classification de viandes	3
1.2.1	La Viande boucherie	3
1.2.2	La viande de volaille	4
1.3	Composition chimique de la viande	4
1.3.1	L'eau	4
1.3.2	Protéines	5
1.3.3	Lipides	5
1.3.4	Les minéraux de la viande	6
1.3.5	Les vitamines de la viande	7
1.4	Consommation de la viande	8
1.4.1	A l'échelle mondiale	8
1.4.1.1	Tendances régionales	9
1.4.1.2	Différences selon les types de viande	9
1.4.1.3	Perspectives futures	9
1.5	La consommation de viande en Algérie	10

1.6	Défis et problématiques de la filière viande en Algérie	11
1.6.1	Déséquilibre entre l'offre et la demande	11
1.6.2	Dépendance aux importations	11
1.6.3	Hausse des prix et accessibilité limitée	11
1.6.4	Problématiques de traçabilité et fraudes alimentaires.....	12
1.6.5	Contraintes sanitaires et environnementales	12
1.7	Risques et incertitudes dans le secteur de la viande	12
1.8	Qualité de la viande	13
1.8.1	Qualité sensorielle	13
1.8.1.1	Tendreté	14
1.8.1.2	Jutosité	14
1.8.1.3	Flaveur	15
1.8.1.4	Couleur	15
1.8.2	Qualité nutritionnelle	15
1.8.3	Qualité technologique.....	16
1.8.3.1	pH	16
1.8.3.2	Capacité de rétention d'eau (CRE).....	16
1.8.4	Qualité hygiénique.....	16
1.8.4.1	Contrôle antémortem (avant l'abattage).....	16
1.8.4.2	Contrôle post mortem (après l'abattage)	17
1.8.5	Qualité microbiologique.....	17
1.8.5.1	Facteurs influençant la croissance microbienne de la viande.....	21
1.8.5.1.1	Facteurs intrinsèques	21
1.8.5.1.1.1	pH	21
1.8.5.1.1.2	Activité de l'eau (aw).....	21
1.8.5.1.1.3	Potentiel d'oxydo-réduction (Eh)	21
1.8.5.1.1.4	Nutriments	21
1.8.5.1.2	Facteurs extrinsèques	22
1.8.5.1.2.1	Température	22
1.8.5.1.2.2	Atmosphère ambiante	22
1.8.5.1.2.3	Durée de stockage	22

1.8.5.1.2.4 Humidité relative	22
1.8.5.1.2.5 Conditions de manipulation.....	22

Chapitre II : Adultération Alimentaire

1	Historique de la fraude alimentaire et des viandes falsifiées.....	24
2	Définition de la fraude alimentaire.....	25
3	Les motivations économiques derrière la fraude alimentaire	27
4	Les types de la fraude alimentaire	27
4.1	Adultération	27
4.2	Contrefaçon.....	27
4.3	Falsification	28
4.4	Détournement	28
4.5	Simulation	28
4.6	Vol.....	28
4.7	Dépassement	28
5	Les fraudes alimentaires les plus connues dans le domaine des viandes.....	28
6	Conséquences des fraudes sur la santé.....	29
7	Systèmes de contrôle des fraudes dans le secteur des viandes.....	30
8	Méthodes de détection des fraudes dans le secteur des viandes.....	30
8.1	Méthodes physicochimiques	31
8.2	Méthodes spectroscopiques.....	32
8.2.1	La spectroscopie FTIR.....	33
8.3	Méthodes immunologiques	33
8.4	Méthodes protéomiques	34
8.5	Méthodes moléculaires.....	35

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et Méthodes

1	Démarche expérimentale	37
2	Échantillonnage	37
3	Méthodologie.....	38
3.1	Détermination de la teneur en eau (ISO 1442:2023)	38
3.2	Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode de Soxhlet (ISO 1443:1973).....	39
3.2.1	Préparation de l'échantillon	39
3.2.2	Extraction.....	39
3.2.3	Récupération de la matière grasse	39
3.3	Détermination de la teneur en protéines par la méthode de Kjeldahl (ISO 937:2023)	40
3.3.1	Digestion	40
3.3.2	Distillation	40
3.3.3	Titrage	40
3.3.4	Calcul.....	40
3.4	Analyse par (FTIR)	41
3.5	Méthodes d'analyse statistique.....	41

Chapitre II : Résultats et Discussion

1	La teneur en humidité.....	42
2	La teneur en lipides	44
3	La teneur en protéines	47
4	Analyses FTIR des Viandes	50
4.1	Spectre de référence viande de bœuf	50
4.2	Comparaison bœuf – dromadaire	52
4.3	Comparaison bœuf – poulet	54
4.4	Comparaison bœuf – cheval	56

4.5	Comparaison bœuf – chèvre.....	58
4.6	Différences liées aux lipides.....	63
4.7	Différences liées aux protéines.....	64
4.8	Robustesse et fiabilité de la FTIR.....	64
5	Perspectives et approches complémentaires.....	65
	Conclusion Générale.....	66
	Références bibliographiques.....	68

الملخص:

يقيم هذا البحث إسهام المطيافية بالأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR) المرتبطة بالتحاليل الفيزيائية-الكيميائية في الكشف عن عمليات الاستبدال الكمي والنوعي في خلطات اللحوم (بقر-دجاج، بقر-حصان، بقر-جمل، بقر-ماعز) عند نسب غش تبلغ 0، 5، 10، 20، 40 و 100%. تم قياس المؤشرات الفيزيائية-الكيميائية وفق المعايير (ISO 1442: الرطوبة)، (ISO 937 النيتروجين/البروتين)، (ISO 1443:1973) استخراج الدهون بطريقة سوكلت (سُجلت أطياف 400-4000 FTIR سم⁻¹، دقة 2 سم⁻¹، 32 مسحاً؛ جهاز Bruker Alpha ATR؛ برنامج OPUS v7.2) وخضعت للمعالجة الكميومترية، مما كشف عن اختلافات واضحة (الرطوبة: 67,12% في لحم الحصان مقابل 76,85% في لحم الدجاج؛ بالإضافة إلى تغيّرات في المجموعات الدهنية والأميدية). أظهرت النماذج الكميومترية قدرة تصنيف تفوق 95% مع إمكانية الكشف عن الغش ابتداءً من نسبة 5%. تبين أن المقاربة المشتركة بين FTIR والاختبارات الفيزيائية-الكيميائية مناسبة لعمليات المراقبة الروتينية؛ غير أن محتوى البروتين يتطلب تفسيراً دقيقاً، إذ قد يُخفي ارتفاعه مؤشرات الغش، بينما يُعد انخفاضه (كما في الدجاج) مؤشراً موثقاً على وجوده.

الكلمات المفتاحية: FTIR، غش غذائي، لحوم، كيمياء مترية، فيزيائية-كيميائية

Résumé :

Ce mémoire évalue l'apport de la spectroscopie FTIR associée à des analyses physico-chimiques pour détecter et quantifier des substitutions dans des mélanges carnés (bœuf-poulet, bœuf-cheval, bœuf-dromadaire, bœuf-chèvre) à 0, 5, 10, 20, 40 et 100 % d'adultération. Les paramètres physico-chimiques ont été mesurés selon ISO 1442 (humidité), ISO 937 (azote/protéines) et ISO 1443:1973 (extraction lipidique, Soxhlet). Les spectres FTIR (4000–400 cm^{-1} , résolution 2 cm^{-1} , 32 balayages; Bruker Alpha ATR; OPUS v7.2) soumis à chimiométrie ont révélé des variations nettes (humidité : 67,12 % chez le cheval à 76,85 % chez le poulet ; altérations lipidiques et amidiques). Les modèles chimiométriques ont permis une classification >95 % et la détection d'adultérations dès 5 %. L'approche conjointe FTIR–analyses physico-chimiques s'avère adaptée aux contrôles de routine ; toutefois, la teneur en protéines nécessite une interprétation nuancée car son augmentation peut masquer la fraude alors que sa diminution (ex. poulet) en est un indicateur fiable.

Mots-clés : FTIR, adultération, viande, chimiométrie, physico-chimie

Abstract:

This thesis assesses the performance of Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) combined with conventional physico-chemical analyses to detect and quantify meat adulteration in binary mixtures (beef–chicken, beef–horse, beef–camel, beef–goat). Samples were prepared at 0, 5, 10, 20, 40 and 100 % adulteration levels. Physico-chemical parameters were measured according to reference methods (moisture: ISO 1442; nitrogen/protein: ISO 937; lipid extraction based on ISO 1443:1973, Soxhlet). FTIR spectra (4000–400 cm^{-1} ; 2 cm^{-1} resolution; 32 scans; Bruker Alpha ATR; OPUS v7.2) were subjected to chemometric analysis. Results show significant species- and level-dependent variations in moisture, lipid and protein contents (e.g. moisture 67.12 % in horse to 76.85 % in chicken). Lipid bands (3000–2850 and 1740 cm^{-1}) and amide regions (1650 and 1540 cm^{-1}) displayed clear spectral markers of adulteration. Chemometric models achieved >95 % classification accuracy and detected adulteration down to 5 %. The combined FTIR–physico-chemical approach is therefore rapid and reliable for routine control; however, protein content must be interpreted with caution because increases (horse, camel, goat) may mask adulteration while decreases (chicken) constitute robust indicators.

Keywords: FTIR, adulteration, meat, chemometrics, physico-chemical analysis