



N° d'ordre :.....

N° de série :.....

Thèse

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences

Spécialité : Sciences Alimentaires

Valorisation d'un produit carné traditionnel Algérien

« *Khliaa Ezir* »

Par : **Hiba-Ryma BOUDECHICHA- MERADJI**

Soutenue le :... /... /....

Devant le Jury composé de :

Présidente :	<i>DAHEL-MEKHANCHA C.C.</i>	Professeur	I.N.A.T.A.A., U.F.M., Constantine 1
Examineurs :	MADANI K.	Professeur	Université Abderrahmane Mira ; Béjaïa
	ADAMO A.	Professeur	Université Quasdi Merbah, Ouargla,
	BEKHOUCHE F.	Professeur	I.N.A.T.A.A., U.F.M., Constantine 1
	BECILA S.	M.C.A	
Rapporteur :	BOUDJELLAL A.	Professeur	I.N.A.T.A.A., U.F.M., Constantine 1

Dédicaces

Merci à Dieu de m'avoir donné le courage et la force de finir ce travail

A la mémoire de mes grands-parents paternels

A mon père

Pour tous les efforts consentis afin de m'armer
du savoir, et me voir réussir dans la vie.

A ma Mère

Pour son amour, son soutien et tous ses sacrifices,
Pour son assistance et sa présence dans ma vie.

A mes chers frères,

A mes sœurs que je n'ai pas eues, Hadjer, Soumia, Kahina, Imen, Meriem,

A mes oncles et mes tantes, cousins et cousines,

A ma belle-famille,

Qui m'ont tout donné, qui ont toujours été là pour moi, à qui je souhaite une vie
pleine de bonheur, de santé et de réussite.

*A celui qui était toujours près de moi, Merci pour ton soutien qui me fait une
main-forte. Pour ta présence à mes côtés tout au long des moments difficiles
.....à toi mon cher époux.*

Et à tous ceux qui me sont chères,

Je dédie ce travail...

« Le courage croît en osant et la peur en hésitant »

Proverbe romain

Remerciements

« Remercier les gens est aussi une autre façon de remercier Dieu ». Pourtant, il est difficile de savoir par qui ou par où commencer, vu le nombre de personnes qui m'ont aidé à aboutir à cet instant. Je m'excuse, à l'avance, auprès de toutes les personnes que je n'aurai pas nominativement mentionnées, mais qui auraient contribué au développement de ma personne, et aussi de façon significative, à l'avancement de cette thèse durant ces années.

Au terme de ce travail, je tiens à remercier mon enseignant et mon encadreur, Professeur BOUDJELLAL A., directeur de l'institut de nutrition, de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires et Chef de l'équipe marqueurs des qualités des viandes (MaQuav) du Laboratoire des Biotechnologies et Qualités des Aliments (BioQuAL), pour m'avoir proposé ce sujet sur les produits carnés traditionnels et pour m'avoir dirigée tout au long de la réalisation de ce travail, pour son esprit scientifique, ses précieux conseils et ses encouragements.

J'exprime mes respectueux dévouements à Madame DAHEL-MEKHANCHA C.C., Professeur à l'INATAA, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider la commission d'évaluation de cette thèse.

Toutes mes profondes reconnaissances s'adressent à mes enseignantes : Madame BEKHOUCHE F., et madame BECILA S., d'avoir accepté de juger mon travail. Que Monsieur MADANI K., Professeur à l'université Abderrahmane Mira, Bejaia et Monsieur ADAMO A., Professeur à l'Université QUASDI Merbah, Ouregla, soient remercié vivement de nous avoir honoré à l'I.N.A.T.A.A. et avoir accepté d'examiner, enrichir et améliorer ce travail. Soyez assurés, Chers professeurs, de mon estime et de ma profonde gratitude.

Que Monsieur ASTRUC T., Ingénieur de Recherches au sein de l'unité Qualité des Produits Animaux (QuaPA), Clermont-Ferrand –Theix de France, trouve ici l'expression de ma profonde gratitude de m'avoir accueillie dans son laboratoire et de m'avoir apporté son expérience. Cette reconnaissance s'étend à la confiance qu'il m'a témoignée et à l'autonomie qu'il m'a très souvent laissée pour l'exécution de ces recherches. Je tiens aussi à remercier tout le personnel de son département plus spécialement LOISON O., VENIEN A. pour leur compétence et leur professionnalisme.

Mes sincères remerciements vont à l'ensemble des membres de l'équipe MaQuaV à l'INATAA. CHIKHOUNE A., BOUCHEDJA N., SENAH I., MANSOUR T. Je suis particulièrement sensible à la confiance qu'ils m'ont témoignée et aux excellentes conditions du travail qu'elles m'ont assuré. Un merci du fond du cœur à Mme HAFID K., pour son amitié, son soutien spirituel et scientifique, tout au long de mes années d'études.

Une pensée très particulière à Mr TRAD K.D., Enseignant de l'INATAA, qui m'a toujours encouragé dans mes études. Que dieu t'accueille dans son vaste paradis.

Enfin, je voudrais remercier toutes les personnes que j'ai côtoyées et qui ont contribué de loin ou de près à l'avancement de ma thèse, mes enseignants et collègues, le personnel administratif et technique de l'I.N.A.T.A.A. Ainsi que mes étudiants, pour la dimension humaine inestimable qu'ils ont manifestée à mon égard.

Sommaire

Liste des publications et communications

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Revue bibliographique

1. Traditions culinaires des pays nord-africains et méditerranéens: un bref historique.....	6
2. Aspects socioculturels, religieux et hygiéniques des produits carnés traditionnels des pays d’Afrique du Nord.....	7
3. Identification et classification des produits carnés traditionnels des pays d’Afrique du nord selon les connaissances indigènes de préparation.....	8
3.1. Produits carnés salés et / ou marinés mais non séchés (Catégorie I).....	9
3.1.1. <i>Melfouf/Boulfaf / Zenan</i> [Produit 1].....	10
3.1.2. <i>Merguez</i> [Produit 2]	11
3.1.3. <i>Kofta / Kefta / Kabab</i> [Produit 3].....	13
3.2. Produits carnés séchés non fermentés (Catégorie II).....	14
3.2.1. <i>Guedid/Kadid/Achedlouh et Guedid épice</i> [Produits 4, 5].....	15
3.2.2. <i>El M’selli</i> [Produit 6].....	17
3.2.3. <i>Kourdass</i> [Produit 7].....	17
3.2.4. <i>Tidkit</i> [Produit 8].....	18
3.3. Produits carnés fermentés partiellement séchés / séchés (Catégorie III).....	19
3.3.1. <i>Soudjouk, Sucuk, Nakanek</i> [Produit 9].....	20
3.3.2. <i>Boubnita</i> [Produit 10].....	21
3.3.3. <i>Pastirma</i> [Produit 11].....	23
3.4. Produits carnés fumées (Catégorie IV).....	24

3.4.1. <i>Fregate</i> [Produit 12].....	25
3.4.2. <i>Merdouma / Bourdim / Mandi</i> [Produit 13].....	26
3.4.3. <i>Tarfa-Gara</i> [Produit 14].....	26
3.4.4. <i>Maynama</i> [Produit 15].....	28
3.5. Produits carnés cuits et / ou confits (Catégorie V).....	29
3.5.1. <i>Khliia Ezir</i> [Produit 16].....	30
3.5.2. <i>Laknaf</i> [Produit 17].....	31
3.5.3. <i>Osbana/Osbane</i> [Produit 18].....	31
3.5.4. <i>Bnadek</i> [Produit 19].....	32
3.5.5. <i>Khlii</i> [Produit 20].....	32
3.5.6. <i>Kobiba</i> [Produit 21].....	33
3.5.7. <i>Mcharmila/ Kemounia</i> [Produit 22].....	35
3.5.8. <i>Boubnit / Membar</i> [Produit 23].....	35
3.5.9. <i>Mkila</i> [Produit 24].....	37
3.5.10. <i>Tehal/Tehane</i> [Produit 25].....	37
3.5.11. <i>Ban-chems</i> [Produit 26].....	37
3.5.12. <i>Bouzelouf /Zelif/ Kawareh / H'Rgma</i> [Produit 27].....	38
3.5.13. <i>Klaya</i> [Produit 28].....	38
3.5.14. <i>Bekbouka/ T'qalia / Douara</i> [Produit 29].....	40
3.5.15. <i>Tangia</i> [Produit 30].....	41
3.5.16. <i>Mrouzia</i> [Produit 31].....	41
3.5.17. <i>Cachir</i> [Produit 32]	43
4. Aspects microbiologiques des produits carnés traditionnels d'Afrique du nord et les risques potentiels associés.....	49
4.1. Evolution de la microflore et la dégradation de la viande fraîche.....	50
4.2. Microflore des produits carnés traditionnels des pays de l'Afrique du nord...	51
5. Conclusions bibliographiques.....	53

Matériel et méthodes

Objectifs et démarche expérimentale de la thèse	55
1. Préparation de <i>Khliia Ezir</i> et échantillonnage.....	57
1.1. Matériel biologique.....	57

1.2. Ingrédients et matériels utilisés.....	57
1.3. Diagramme de préparation traditionnel adopté.....	58
1.4. Echantillonnage et points de prélèvements.....	60
2. Caractérisation physico- chimiques.....	60
2.1. Mesure de pH.	60
2.2. Détermination de l'humidité.....	60
2.3. Dosage de taux de cendres.....	60
2.4. Dosage de la concentration en myoglobine.....	61
3. Caractérisation de la qualité sensorielle de <i>Khliaa Ezir</i>	61
3.1. Evaluation sensorielle par un jury entraîné.....	61
3.2. Estimation de la tendreté par pénétromètre.....	63
4. Caractérisation protéolytique des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires...	64
4.1. Extraction des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques.....	64
4.2. Dosage des protéines extraites par méthode de Bradford.....	64
4.3. Dénaturation des protéines extraites.....	65
4.4. Séparation des protéines par électrophorèse monodimensionnelle en conditions dénaturantes (<i>SDS-PAGE</i>).....	65
4.5. Identification des bandes par spectrométrie de masse.....	67
4.5.1. L'empreinte peptidique massique (EPM) par MALDI- TOF.....	68
4.5.1.1. Préparation des bandes	69
4.5.1.2. Préparation des protéines pour l'analyse.....	69
4.5.1.3. Dépôts des peptides sur la cible du MALDI-TOF.....	69
4.5.1.4. Identification des protéines.....	70
5. Caractérisation histologique et microstructurale de <i>Khliaa Ezir</i>	70
5.1. Analyses histologiques	71
5.1.1. Quantification de la morphologie par analyse d'images.....	72
5.1.2. Seuillage sur les niveaux de gris et calcul des propriétés structurales...	72
5.2. Analyses ultra-structurales.....	74
6. Caractérisation microbiologique de <i>Khliaa Ezir</i>	75
6.1. Préparation de la suspension mère et les dilutions.....	76
6.2. Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale.....	76
6.3. Dénombrement des coliformes totaux	76
6.4. Dénombrement des coliformes fécaux.....	76

6.5. Dénombrement de la flore fongique	76
6.6. Dénombrement de la flore lactique.....	77
6.7. Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfito-réducteurs.....	77
6.8. Recherche des salmonelles	77
7. Analyses statistiques	78
7.1. Analyse descriptive.....	78
7.2. Analyse de variance.....	78
7.3. Analyse des corrélations	79
7.4. Analyse en Composantes Principales (ACP)	79

Résultats et discussions

Caractérisation physico-chimique et sensorielle de *Khliaa Ezir*

1. Caractérisation physico-chimique de <i>Khliaa Ezir</i> au cours des différentes étapes de préparation	80
1.1. Evolution du pH au cours de préparation de <i>Khliaa Ezir</i>	80
1.2. Evolution de l'humidité.....	81
1.3. Evolution de taux de cendres.....	82
1.4. Evolution de la concentration de la myoglobine.....	82
2. Caractérisation de la qualité sensorielle de <i>Khliaa Ezir</i>	86
2.1. Profil sensoriel de <i>Khliaa Ezir</i>	86
2.2. Estimation de l'évolution de la tendreté par pénétromètre.....	88
3. Composition et caractérisation moyenne de <i>Khliaa Ezir</i> à 21 jours de conservation.....	90
4. Comparaison de la composition de <i>Khliaa Ezir</i> avec certains produits carnés traditionnels du monde.....	92
5. Analyse globale des données acquises.....	94
4.1. Recherche des corrélations entre les différents paramètres étudiés.....	94
5.2. Analyses en composante principale (ACP).....	96
5.2.1. Distribution graphique des paramètres étudiés.....	96
5.2.2. Distribution graphique des préparations sur la base de l'ensemble des variables mesurées.....	97

Caractérisation de la protéolyse de *Khliaa Ezir*

1. Estimation de la protéolyse des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques de <i>Khliaa Ezir</i> par électrophorèse SDS-PAGE.....	99
1.1. Publication 2 « Adoption of proteomics in traditional meat products: the case of <i>Khliaa Ezir</i> (Publié dans <i>Food futures: ethics, science and culture</i> (2016))	
2. Identification des protéines myofibrillaires par spectrométrie de masse MALDI-TOF (<i>LC-MS/MS</i>).....	100

Caractérisation histologique et microstructurale de *Khliaa Ezir*

1. Caractérisation histologique de <i>Khliaa Ezir</i>	106
2. Caractérisation ultra-structurale de <i>Khliaa Ezir</i>	108

Caractérisation Microbiologique de *Khliaa Ezir*

1. Publication 3 « A microbiological changes during the preparation steps of <i>Khliaa Ezir</i> : a traditional cured meat product of Algeria (Publié dans <i>Integrative Food, Nutrition and Metabolism</i> (2017)).....	113
---	-----

Fiche technique de <i>Khliaa Ezir</i>	114
--	-----

Conclusion générale et perspectives	116
--	-----

Références bibliographiques	119
--	-----

Annexes	143
----------------------	-----

Liste des publications et communications

1. Publications scientifiques

Boudechicha H. R., Sellama M., Hafid K., Boudjellal A., Gagaoua M. (2016). Adoption of proteomics in traditional meat products: the case of *Khliia Ezir*. Food futures: ethics, science and culture. p. 600-6. EurSafe 2016 – DOI 10.3921/978-90-8686-834-6_92.

Boudechicha H. R., Nasri I., Benasseur Z., Sellama M., Hafid K., Boudjellal A., Gagaoua M. (2017). Microbiological changes during the preparation steps of *Khliia Ezir*: A traditional cured meat product of Algeria. Integrative Food, Nutrition and Metabolism journal. OAT, 2017, 4 (6), pp.1-5.

Gagaoua M., **Boudechicha H. R.**, (2018). Ethnic meat products of the North-African and Mediterranean countries: an overview. *Journal of Ethnic Foods* 2018; 5(2): 83-98.

Boudechicha H. R., Sellama M., Hafid K., Lamri M., Boudjellal A., Gagaoua M. (2018). Produits carnés traditionnels des pays d’Afrique du Nord. *Viandes et Produits Carnés* 2018 ; 34 (3-8), pp.1-19

2. Communications à des congrès et colloques

Boudechicha H. R., Gagaoua M., Becila S., Boudjellal A., Astruc T., Vénien A., Loison O., (2015). Etude Structurale et ultra structurale d’un aliment traditionnel Algérien : le *Khliia Ezir*. In: XXVIII^{ème} Congrès de l’association française de l’histologie (AFH), 11 & 12 juin. 2015. L’histologie au service de la recherche. Montpellier, France (**poster**).

Boudechicha H. R., Gagaoua M., Hafid K., Becila S., Boudjellal A., Astruc T. *Khliia Ezir*, a traditional cured meat product of Algeria: preparation and characterization. In: Proceedings of the 61th International Congress of Meat Science and Meat Technology, pp. 1-4, Clermont-Ferrand, France (**5 pages + poster**).

Boudechicha H.R., Sellama M., Djimli R, BourahlaS, Allouit Z., Ramdani C., Hafid K., Boudjellal A., Gagaoua M. Potassium chloride as a potential partial substitute of NaCl in *Khliia Ezir*, traditional meat product of Algeria: effect on physicochemical, textural properties and proteolysis. In 1er Congrès International sur les biotechnologies au service du développement durable 24-25 octobre 2017. Boumerdes. Algérie (**5 pages + Oral**).

Boudechicha H. R., Loison O., Vénien A., Boudjellal A., Astruc T., Gagaoua M.,
Histological and ultra-structural study of *Khliia Ezir*, a traditional meat product of Algeria.
In : séminaire International des sciences alimentaires 15-16 octobre 2018. Constantine.
Algérie (**poster**).

Boudechicha H.R., Sellama M., Boudjellal A., Gagaoua M. Traditional meat products in
Algeria: history, preparation and consumption. In: séminaire International des sciences
alimentaires 15-16 octobre 2018. Constantine. Algérie (**oral**).

Liste des abréviations

J: jour

rpm: Rotation Par Minute

M, mM: Molaire, milliMolaire

SAB: Sérum Albumine Bovine

PM: Poids Moléculaire

Da, kDa: Dalton, kilo Dalton

V: Volt

SDS: Sodium Dodécyl Sulfate

PAGE: Electrophorèse sur gel de polyacrylamide

m/z: Masse/Charge

MALDI– TOF: (*Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization*) - (*Time of Flight*)

UP: Unité de Pénétration

MET: Microscopie Electronique à Transmission

HES: Hématoxyline – Eosine – Safran

RS: Rouge pico-Sirius

EEC: Espace Extra Cellulaire

CICS: Centre d'imagerie cellulaire de la santé

UFC: Unité formant Colonie

PCA: Plate Count Agar

VRBG: Violet Red Bile Glucose

VRBL: Lactose Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre

MRS : MAN, ROGOSA, et SHARP

VF : Viande Foie

SS: *Salmonella-Shigella*

OGA: Oxytetracycline-Glucose-Yeast Extract Agar

ACP : Analyses en Composantes Principales

NS : Non Significatif

TnT: Troponine T

MYL3: Myosin Light Chain 3

Liste des figures

Revue bibliographique

Figure 1.1. Carte de la distribution géographique des 32 produits carnés ethniques répertoriés dans les pays d'Afrique du Nord et de la Méditerranée.....	5
Figure 1.2. Diagrammes de préparation traditionnelle de <i>Melfouf</i> , <i>Merguez</i> et <i>Kofta</i> ...	12
Figure 1.3. Aspects de <i>Melfouf/Boulfaf</i> ; <i>Merguez</i> et <i>Kofta</i>	14
Figure 1.4. Diagrammes de préparation traditionnelle de <i>Guedid</i> , <i>Guedid épiché</i> , <i>El messli</i> , <i>Kourdass</i> et <i>Tidkit</i>	16
Figure 1.5. Aspects de <i>Guedid</i> et <i>Kourdass</i>	19
Figure 1.6. Diagrammes de préparation traditionnelle de <i>Soudjouk</i> , <i>Boubnita</i> et <i>Pastirma</i>	22
Figure 1.7. Aspects de <i>Soudjouk Boubnita</i> et <i>Pastirma</i>	24
Figure 1.8. Diagrammes de préparation traditionnelle de <i>Fregate</i> , <i>Merdouma</i> , <i>Tarfagara</i> et <i>Maynama</i>	27
Figure 1.9. Aspects de <i>Merdouma</i> et <i>Maynam</i>	28
Figure 1.10. Diagrammes de préparation traditionnelle de <i>Khliia Ezir</i> ; <i>Osmana</i> , <i>Laknaf</i> et <i>Bnadek</i>	34
Figure 1.11. Diagrammes de préparation traditionnelle de <i>Khlii</i> , <i>Kobiba</i> , <i>Mcharmila</i> et <i>Boubnit</i>	36
Figure 1.12. Diagrammes de préparation traditionnelle de <i>Mkila</i> ; <i>Tehal</i> ; <i>Ben-chems Bouzelouf</i> et <i>Klaya</i>	39
Figure 1.13. Diagrammes de préparation traditionnelle de <i>Douara</i> , <i>Tangia</i> , <i>Mrouzia</i> et <i>Cachir</i>	40
Figure 1.14. Aspects de <i>Khliia Ezir</i> ; <i>Osmana</i> ; <i>Bnadek</i> , <i>Khlii</i> , <i>Kobiba</i> , <i>Mcharmila</i> , <i>Boubnita</i> , <i>Membar</i> , <i>Mkila</i> , <i>Tehal/Tehane</i> , <i>Bouzelouf</i> , <i>Klaya</i> , <i>Bekbouka</i> , <i>Tangia</i> , <i>Mrouzia</i> , et <i>Cachir</i>	42

Démarche expérimentale

Figure 2.1. Démarche expérimentale adoptée pour la caractérisation de <i>Khliia Ezir</i>	56
Figure 2.2. Diagramme de préparation traditionnelle de <i>Khliia Ezir</i>	59
Figure 2.3. Evaluation de la qualité sensorielle de <i>Khliia Ezir</i>	63

Figure 2.4. Caractérisation protéolytique des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires par électrophorèse monodimensionnelle en condition dénaturante.....	66
Figure 2.5. Principe de la spectrométrie de masse.....	68
Figure 2.6. Méthodologie expérimentale suivie pour la caractérisation histologique de <i>Khliaa Ezir</i>	71
Figure 2.7. Analyses d'images via le logiciel ImageJ.....	73
Figure 2.8. Méthodologie expérimentale suivie pour la caractérisation ultra-structurale de <i>Khliaa Ezir</i> utilisant un microscope électronique à transmission.....	74

_____ Résultats et discussion _____

Figure 3.1. Cinétique de l'évolution des paramètres physicochimiques au cours de la préparation de <i>Khliaa Ezir</i>	83
Figure 3.2. Aspect et couleur de <i>Khliaa Ezir</i> au cours des différentes étapes de sa préparation.....	85
Figure 3.3. Profil sensoriel moyen des neuf préparations de <i>Khliaa Ezir</i> à 21 jours de conservation.....	88
Figure 3.4. Profil d'évolution de la tendreté (la profondeur de pénétration) estimée par pénétrométrie au cours des différentes étapes de la préparation de <i>Khliaa Ezir</i>	89
Figure 3.5 Analyse en composante principale (ACP) entre les paramètres physicochimiques et attributs sensoriels évalués à 21 jours de conservation de <i>Khliaa Ezir</i>	97
Figure 3.6 Bi-plot de la distribution des neufs échantillons de <i>Khliaa Ezir</i> préparés.....	98
Figure 3.7. Profils électrophorétiques des protéines myofibrillaires et les protéines sarcoplasmiques.....	100
Figure 3.8. Evolution de la structure de <i>Khliaa Ezir</i> au cours des différentes étapes de préparation.....	107
Figure 3.9. Effet de la marinade sur l'ultrastructure de <i>Khliaa Ezir</i>	109
Figure 3.10. Effet de la cuisson sur l'ultrastructure de <i>Khliaa Ezir</i> à 21 jours de conservation.....	111
Figure 3.11. Formation des agrégats granulaires au cours de la cuisson.....	112

Liste des tableaux

_____Revue bibliographique_____

Tableau 1.1. Liste des 32 produits carnés traditionnels des pays d'Afrique du Nord et de la Méditerranée, regroupés en fonction des méthodes de transformation traditionnelles.....	44
--	----

_____Résultats et discussion_____

Tableau 3.1 Analyse descriptive des paramètres physico-chimiques et attributs sensoriels étudiés des neuf préparations de <i>Khliaa Ezir</i> à 21 jours de conservation.....	91
Table 3.2. Composition physicochimique moyenne de certains produits carnés traditionnels (moyennes \pm écarts-types (S.D.)).....	93
Tableau 3.3. Analyse des corrélations entre les paramètres (physico-chimiques et sensoriels) étudiés pour les neuf préparations de <i>Khliaa Ezir</i> déterminés à 21 jours de conservation.....	95
Tableau 3.4 : Les espèces protéiques myofibrillaires identifiées après la digestion enzymatique par trypsine.....	102
Tableau 3.5 : Les espèces protéiques sarcoplasmiques identifiées après la digestion enzymatique par trypsine.....	104

Liste des Annexes

Annexe 1. Bulletin d'analyses sensorielles de <i>Khliaa Ezir</i>	143
Annexe 2. Protocole Glycine SDS- PAGE adapté pour les produits carnés.....	145

Introduction Générale

La tendance prédominante dans les marchés agro-industriels révèle un intérêt croissant de la part des consommateurs envers des produits traditionnels et étroitement liés à un lieu d'origine déterminé (Triki *et al.*, 2013). Dans les pays développés, aussi bien que dans ceux en voie de développement, les consommateurs montrent de plus en plus une propension à acheter des produits alimentaires ayant leurs racines dans les différentes cultures populaires, même si cela a pour conséquence de devoir payer des prix plus élevés. La préférence envers ce qui est perçu comme authentique et typique est, en grande mesure, une réaction face aux changements rapides qu'entraîne la globalisation (Samrakandi et Carantino, 2009 ; Cherroud *et al.*, 2014). La croissance du commerce international, la prolifération des entreprises multinationales, avec leurs produits standardisés, et l'homogénéisation progressive de l'offre ont provoqué une réaction de "retour aux sources" chez un grand nombre de consommateurs (Van de Kop *et al.* 2006; FAO 2008).

Les produits alimentaires ethniques ; y compris ceux à base de viande, sont traditionnellement, culturellement et commercialement les produits les plus précieux dans différents pays à travers le monde. Beaucoup d'entre eux sont produits dans des zones géographiques limitées et ne sont consommés que localement ; d'autres, ont dépassé les limites de leurs localités et villages et même, de loin, celles de leur pays d'origine (Boudechicha *et al.*, 2018).

Les produits carnés traditionnels sont des produits dans lesquels les propriétés de la viande fraîche ont été modifiées par l'utilisation d'une ou de plusieurs pratiques traditionnelles entouré d'un savoir-faire ancestral. La viande peut être salée, séchée, fermentée, fumée, assaisonnée et/ou mélangée avec d'autres ingrédients (Farouk, 1983 ; Honikel, 2010). Il se peut que le produit fini soit prêt à servir ou requiert une préparation supplémentaire avant de l'être. C'est pourquoi une large gamme de produits carnés existe depuis l'antiquité. Ils diffèrent selon l'origine, les assaisonnements, les ingrédients, les diamètres, la taille et les propriétés sensorielles typiques (Smires, 2007 ; Benkerroum, 2013 ; Boudechicha *et al.*, 2018).

Dans différents pays du monde, la connaissance de patrimoine gastronomique et de tout ce qui exprime l'héritage culturel a été inscrit en avant des priorités de tout développement. Pour cela, la caractérisation des produits carnés du terroir, constitue un point de départ d'une démarche dont l'objectif est la conservation et la protection de leurs caractéristiques spécifiques (Drosinos *et al.*, 2005 ; Petit *et al.*, 2013 ; Toldrá, 2014). C'est aussi le moyen de

mieux comprendre les mécanismes qui déterminent leur typicité et de fournir les références indispensables à la mise en place d'une appellation d'origine protégée (Daoudi, 2006; Igene, 2008 ; Whitesel, 2011).

La présente étude fait partie d'un axe de recherche de l'équipe « Marqueurs biologiques de la Qualité des Viandes (MaQuaV) » du laboratoire de recherche « Biotechnologie et Qualité des Aliments (BioQuAl) » sur les produits carnés traditionnels Algériens, qui vise à apporter une contribution à la connaissance et la caractérisation des produits traditionnels de la filière « viande » ; entre autres *El guedid* (Benlachehab et al., 2019), *Merguez* (Sellama, 2017 ; Boudechicha et al., 2018 ; Gagaoua et Boudechicha, 2018), *Frégate*, *Laknaf*, *El m'selli*, *Khliia Ezir* (Boudechicha, 2014). Le produit cible de notre recherche est « *Khliia Ezir* ». C'est un produit carné traditionnel connu depuis très longtemps et préparé jusqu'à nos jours, en particulier dans l'Est algérien. Cette étude fait suite à une première recherche réalisée par l'équipe où une première fiche descriptive de *Khliia Ezir* a été établie (Boudechicha, 2014). Il s'agissait alors, d'une première caractérisation globale présentant le produit et montrant la nécessité d'une investigation complémentaire et plus rigoureuse. Par ailleurs, la compréhension des phénomènes impliqués dans la fabrication de *Khliia Ezir*, fait partie, en fait, de la compréhension de l'histoire de la transformation et la conservation ancestrale de la viande.

Les premières descriptions distinguent *Khliia Ezir* comme un produit carné affiné dont le procédé de fabrication semble particulier combinant le salage/la marinade et la cuisson/la conservation dans une jarre en terre cuite, il requiert une durée totale généralement comprise entre 6 et 12 mois (Boudechicha, 2014). Les qualités organoleptiques finales du produit obtenu dépendent de la qualité de la matière première (teneur et composition de la matière grasse, poids, pH, ingrédients), mais aussi du bon déroulement de l'ensemble des étapes technologiques suivies, *i.e.* par ordre chronologique : salage, marinade, cuisson, conservation dans une jarre en terre cuite et affinage dans l'huile d'olive et de la graisse.

Notre travail de thèse projette d'acquérir, en plus, de la connaissance de la composition chimique, nutritionnelle et le profil sensoriel de *Khliia Ezir*, différents autres aspects dont la description des composants principaux de son écosystème microbologique, l'évolution de la protéolyse et les répercussions attendues aux niveaux de la structure et la microstructure. Afin, de pouvoir le situer correctement par rapport aux classifications, en usage, des produits

carnés du monde ; l'établissement d'une fiche technique descriptive détaillée de *Khliaa Ezir* est indispensable.

Ce travail de recherche combine des approches expérimentales et numériques qui sont décrites au cours de trois grands chapitres.

En premier lieu, une revue bibliographique ; faisant objet de deux articles scientifiques ; présente et détaille plusieurs aspects inhérents à l'élaboration des produits carnés traditionnels aux pays du nord-africain : les aspects historiques et socioculturelle, la classification, les procédés de préparation /le mode de consommation et la particularité de chaque produit ont été discutés.

Le deuxième chapitre décrit les matériels et méthodes utilisés pour caractériser les évolutions biochimiques, les modifications de structure et de texture, et décrire les propriétés physicochimiques et sensorielles au cours de la fabrication de *Khliaa Ezir*.

Enfin, au cours du troisième et dernier chapitre, sont présentés et discutés les principaux résultats obtenus dans ce travail, principalement par l'intermédiaire de 3 publications. La première a pour objectif la caractérisation globale de *Khliaa Ezir*. L'article suivant vise à répondre à la question suivante : existe-t-il des corrélations significatives entre les dynamiques d'évolution de la protéolyse et l'élaboration des propriétés sensorielles (texture, flaveur, gout) au sein de *Khliaa Ezir* ? Enfin, la qualité microbiologique et l'effet de chaque étape de préparation de *Khliaa Ezir* sur l'écosystème du produit fini sont présentés dans le dernier article de ce chapitre. Un focus particulier sur la caractérisation structurelle et microstructurale est présentée également dans ce chapitre.

Revue bibliographique

Pour de nombreux pays à travers le monde et depuis plusieurs siècles, les produits carnés traditionnels reflètent une partie intégrale du patrimoine gastronomique et alimentaire (Leroy, 2013 ; Campos, 2013). En Afrique, notamment dans les pays du Nord et du contour méditerranéen qui sont à l'origine des Berbères, plusieurs produits carnés ethniques existent. Cependant, seuls quelques-uns d'entre eux ont été scientifiquement rapportés (Benkerroum, 2013 ; Boudechicha, 2014) et caractérisés (Essid *et al.*, 2007 ; Bennani, 2000 ; Boudechicha *et al.*, 2015 ; Boudechicha *et al.*, 2017, Sellama, 2017). De plus, les différences culturelles et régionales varient considérablement au sein des peuples méditerranéen et africain, donnant naissance à différents styles d'alimentation à travers le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye et l'Égypte. Les produits carnés préparés par les habitants de ces pays sont généralement séchés ou cuits, en raison des conditions climatiques de la région, mais ils ne sont que très rarement fermentés. Les produits préparés ont différents aspects par des variations dans leurs diamètre, forme, taille, épices, assaisonnements y compris les caractéristiques organoleptiques (Gagaoua et Boudechicha, 2018, Boudechicha *et al.*, 2018). Selon la récente synthèse de Gagaoua et Boudechicha (2018), les noms de ces produits carnés sont aussi différents en fonction de leur origine géographique, parfois même entre des zones très proches d'un même pays. Par conséquent, les informations dans la littérature scientifique concernant les produits carnés de ces pays sont très rares et ne se réfèrent qu'aux quelques recettes décrites dans certains magazines culinaires des plats traditionnels des pays d'Afrique du Nord.

Par ailleurs, ces dernières années, les produits alimentaires traditionnels, y compris ceux à base de viandes, ont regagné de plus en plus d'intérêt dans différentes régions du monde (Feiner, 2006 ; Nam *et al.*, 2010 ; Triki *et al.*, 2013 ; Gagaoua et Boudechicha, 2018). Ceci peut être dû à leurs caractéristiques sensorielles particulières, leur qualité nutritionnelle et aussi par leur composition naturelle par l'utilisation des produits locaux cultivés ou produits sagement (Issanchou, 1996 ; Talon *et al.*, 2007 ; Laranjo *et al.*, 2017). Les consommateurs pensent aussi qu'ils ont des caractéristiques de santé potentielles (Trichopoulou, 2007 ; Almlil *et al.*, 2011). De plus, la particularité des produits carnés ethniques est leur lien étroit avec la culture, le patrimoine et l'identité locale des pays ou régions concernés. Par conséquent, ils ont une forte valeur symbolique en contribuant au développement durable des zones rurales. De ce point de vue, dans cette revue systématique nous avons recensé et pour la première fois 32 principaux produits carnés traditionnels des pays d'Afrique du Nord en donnant de brefs aperçus sur leurs modes de préparation ainsi que les aspects socioculturels liés à leur consommation (Figure 1.1) (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

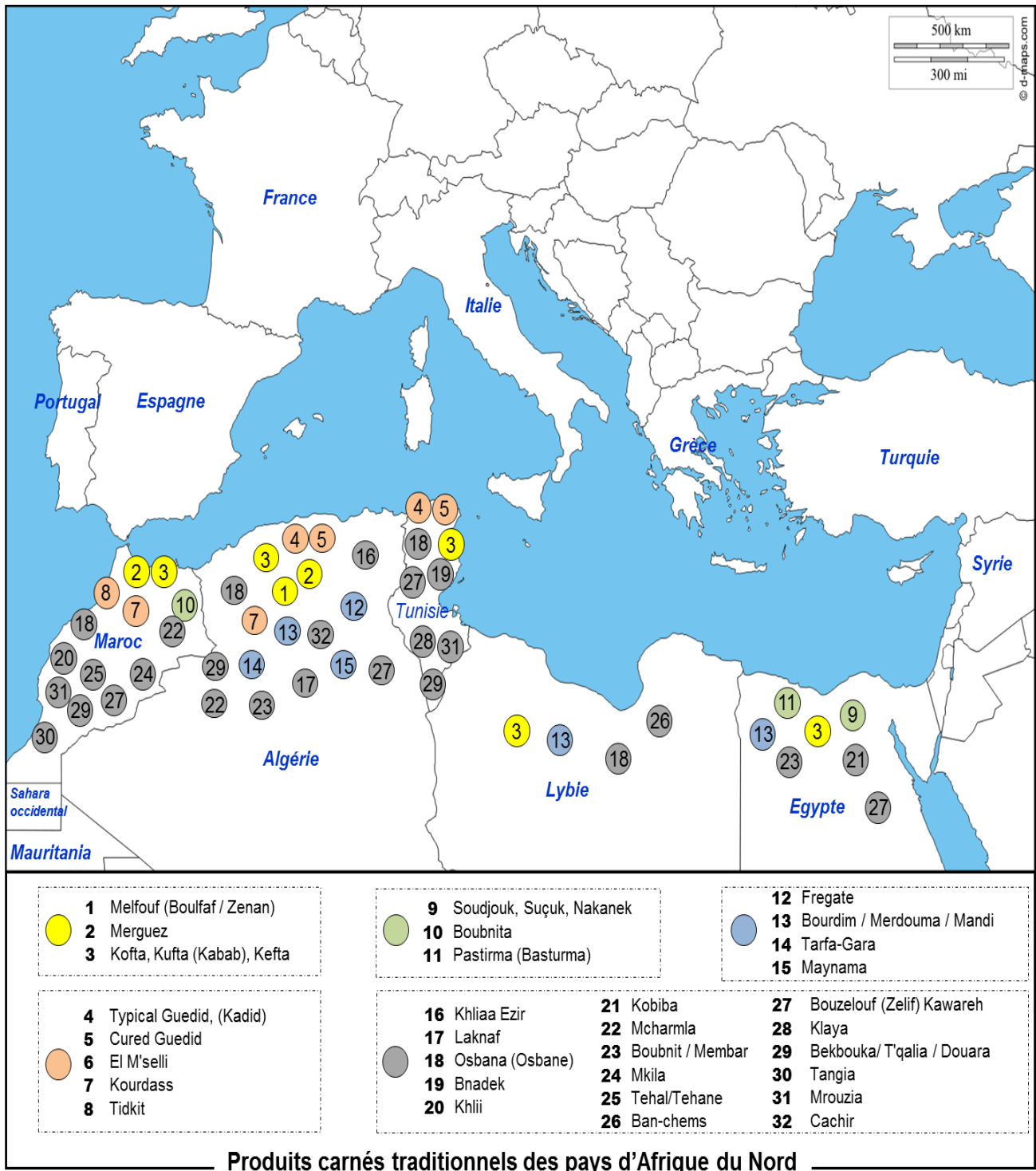


Figure 1.1. Carte de la distribution géographique des 32 produits carnés ethniques répertoriés dans les pays d'Afrique du Nord et de la Méditerranée. Ils sont regroupés et identifiés par des couleurs selon la classification proposée basée sur les méthodes de préparation traditionnelles. Chaque numéro de cercle fait référence au nom du produit carné traditionnel donné dans la légende de la carte. ● I. Produits carnés salés et / ou marinés mais non séchés. ● II. Produits carnés séchés non fermentés. ● III. Produits carnés fermentés partiellement séchés / séchés. ● IV. Produits de viande fumée. ● V. Produits carnés cuits et / ou confits.

1. Traditions culinaires des pays nord-africains et méditerranéens: un bref historique

La culture diététique et le style culinaire de la partie nord de l'Afrique, connue sous le nom de pays nord-africains, comprenant l'Égypte, la Libye, la Tunisie, l'Algérie et le Maroc, est le résultat d'un ensemble de facteurs historiques, culturels et géographiques. Tous ces pays sont d'origine berbère. Cependant, les anciennes routes commerciales, les liens avec l'Europe et l'Asie et le climat méditerranéen ont tous influencé l'amélioration de la préparation et de la consommation des aliments à base de viande au Maroc, en Algérie et en Tunisie à l'ouest (*Maghreb* ou *Maghrib*) vers la Libye et l'Égypte à l'est (*Mashrek* ou *Mashrik*) (Lentz,1999 ; Civitello,2011).

Les Romains historiques et archéologiques ont montré que les premiers humains au début de leur existence en Afrique du Nord ont survécu grâce à la chasse et à la recherche de nourriture en montagnes. Par conséquent, les animaux de boucherie, les intestins et le sang étaient probablement la principale source de nourriture pour ce peuple (Civitello,2011).

Pendant de nombreuses années, plusieurs pratiques ethniques ont été utilisées dans les pays nord-africains principalement pour préserver l'excès de viande en la transformant en produits plus stables qui pourraient être consommés lorsque les sources de nourriture ou de viande sont rares; en utilisant des processus primitifs tels que le salage, le fumage, le séchage au soleil ou la fermentation (Gagaoua et Boudechicha, 2018). Les pays nord-africains sont majoritairement musulmans, les viandes «*Halal*» sont généralement consommées et c'est ce qui est rapporté dans les recettes réelles. Dans tous les pays d'Afrique du Nord et de la Méditerranée, la viande halal est disponible à l'achat partout. Halal est un mot arabe qui signifie "permis" (Farouk,2013 ; Farouk et al., 2015). Comme l'ont rapporté ces derniers auteurs, la viande autorisée dans la tradition islamique provient d'animaux qui ont été bien traités et égorgés d'une manière qui minimise les souffrances de l'animal. Les mots de la *Basmala* "Au nom de Dieu, le plus bénéfique, le plus miséricordieux" doivent être prononcés au moment de l'abattage des animaux. Tout le sang doit être drainé de l'animal, et il doit être nettoyé avant d'être mangé. Ainsi, le porc et tous les produits alimentaires dérivés du porc sont interdits dans l'alimentation et les produits carnés traditionnels conformément aux lois alimentaires islamiques (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

Diverses civilisations ont envahi les pays nord-africains: Phéniciens (332 av. J.-C.), Romains (30 av. J.-C.), Arabes (642 apr. J.-C.), Espagnols, Turcs (16^{ème} siècle), Italiens et enfin les Français et les Britanniques (18^{ème} et 19^{ème} siècles), tous ont influencé les pratiques

alimentaires de ces pays et ont contribué à diversifier les aliments à base de viande (Stearns et al.,2010). Cependant, les zones nord-africaines étaient sous contrôle Ottoman pendant une longue période (14^{ème} – 18^{ème} siècle). Par conséquent, il y avait plus d'influences significatives de la culture turque que d'autres (Heine, 2004).

2. Aspects socioculturels, religieux et hygiéniques des produits carnés traditionnels des pays d'Afrique du Nord

Initialement, l'agriculture était la principale activité du peuple nord-africain où la viande était le principal produit alimentaire de la région, consommé de manière indigène avec le blé. Le bétail domestique dans cette zone est principalement le bœuf, le mouton, la chèvre, le chameau et la volaille (Heine, 2004). La consommation d'agneau et de mouton est particulièrement privilégiée dans les pays d'Afrique du Nord, notamment lors des fêtes religieuses. Cependant, en raison de considérations religieuses, la consommation de porc est interdite (MacVeigh, 2008). Pour le lait, la vache est la source la plus importante mais le lait de chèvre est également très consommé. Habituellement, le bœuf n'est consommé que lorsque l'animal vieillit et n'a plus d'utilité économique. Alors que, l'agneau est égorgé lors des occasions spéciales. Par exemple, lors de la fête religieuse du sacrifice "*Aid Al Adha*", les mariages, la naissance d'un enfant et les circoncisions (Heine, 2004). La fête de "*Aid Al Adha*", aussi connu comme le grand (*Aid el-Kebir*), a lieu le 10^{ème} jour du mois de *Dhu 'l-Hijja*, le jour où les pèlerins à la Mecque et les musulmans du monde entier sacrifient un mouton. En conséquence, les préparations culinaires de "*Aid Al Adha*" ont tendance à impliquer la viande. Ainsi, toutes les parties de l'animal sont valorisées (viande, abats, graisse, tête et pattes) pour préparer des produits à base de viande ou des plats typiques en utilisant des pratiques ancestrales qui correspondent à chaque peuple ethnique (Samrakandi et Carantino,2009).

Les peuples nord-africains considèrent les produits carnés comme des produits riches en nutriments qui garantissent la santé et le bien-être. En outre, pour les habitants de ces pays, servir de la viande aux invités est un signe de respect et un moyen de les honorer. La préparation traditionnelle de la viande implique des techniques naturelles et plus anciennes telles que le séchage, la fermentation, la cuisson et parfois le fumage, qui sont tous utilisés non seulement pour augmenter la durée de conservation, mais aussi pour améliorer la saveur et la qualité nutritionnelle des produits (Bennett, 2002 ; Boudechicha et al.,2016 ; Prakash, 2016 ; Boudechicha et al., 2017).

Différents produits carnés sont préparés en utilisant une ou plusieurs techniques, et il existe des produits qui sont généralement séchés (*Guedid*), fumés (*Fregate*), fermentés (*Pastirma*), grillés sur un charbon (*Melfouf*), cuits (*Tangia*) et certains d'entre eux sont frits (*Mkila*). De même, les intestins sont utilisés pour préparer des saucisses (*Sudjouk*) ou des produits similaires à la saucisse (*Kourdass*) (Spires, 2007 ; Benkerroum, 2013 ; Gagaoua et Boudechicha, 2018). La préparation de la plupart des produits carnés nord-africains ont des caractéristiques organoleptiques typiques, qui sont principalement attribuées aux épices et aux herbes ajoutées pendant l'assaisonnement (Benkerroum, 2013). L'utilisation d'épices joue un rôle antimicrobien et améliore la qualité microbiologique des produits finaux (Al-Delaimy et Barakat, 1971 ; Boudechicha et al., 2017).

Au cours des 50 dernières années, l'urbanisation a modifié les modes de consommation alimentaire; ce qui peut affecter la demande d'aliments à base de viande. Les citadins consomment généralement plus de nourriture en dehors de chez eux et de plus grandes quantités d'aliments précuits, de restauration rapide ou d'aliments prêts à consommer que les populations rurales (Stearns, 2010). Cependant, il est important de mentionner que la consommation globale de produits carnés dans les pays d'Afrique du Nord est d'environ 38 kg par habitant et par an; il est bien inférieur à la consommation mondiale moyenne (Speedy 2003 ; Benkerroum, 2013). Watson et Caldwell (2005) ont discuté des facteurs de fluctuation de la consommation de produits carnés en se référant aux aspects politiques et socio-économiques. Actuellement, la consommation de viande dans les pays d'Afrique du Nord est principalement influencée par le faible niveau de la production de viande dans cette zone, et par conséquent, le prix de la viande; ce qui représente le facteur limitant pour la consommation des produits à base de viande.

3. Identification et classification des produits carnés traditionnels des pays d'Afrique du nord selon les connaissances indigènes de préparation

La préparation de cette revue a été menée en deux phases. Au départ, une enquête terrain a été effectuée dans différentes régions des pays d'Afrique du Nord. Cette étape vise à récolter des informations auprès des ménages locaux sur les connaissances traditionnelles de la préparation des produits carnés ethniques. Le questionnaire a été réalisé pour recueillir le maximum de produits carnés traditionnels et les diagrammes de préparation correspondants. L'enquête a principalement ciblé les personnes âgées et, dans certains cas, seules les femmes sont prises en compte. Cela est jugé raisonnable puisque les compétences de préparation des

aliments sont principalement transmises de la mère à la fille. La sélection des enquêtés était en fonction de leurs connaissances sur la culture et le patrimoine autochtones nord-africains. Les questions portaient principalement sur les connaissances traditionnelles des pratiques de préparation, le mode de consommation, la source de viande utilisée, la pratique socioculturelle et la valeur ethnique du produit carné (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

La deuxième phase reposait sur des connaissances scientifiques rapportées dans les bases bibliographiques en exploitant certains moteurs de recherche comme Google Scholar. Ainsi, toutes les études précédemment publiées dans le domaine ont été répertoriées et utilisées, y compris les livres culinaires nord-africains et maghrébins. Les deux étapes ont permis de recenser et identifier 32 produits carnés ethniques les plus communs des pays nord-africains et méditerranéens (Tableau 1.1).

Les 32 produits carnés ont été regroupés en différentes sous-familles avant projection sur une carte géographique (Figure 1.1). En fait, Pour plusieurs raisons, il est extrêmement difficile de classer les produits carnés ethniques en raison de l'utilisation de plusieurs étapes de préparation comprenant plus d'une technique de transformation. La documentation disponible indique qu'il n'existe pas de système de classification commun pour catégoriser les produits carnés en sous-familles distinctes. Les 32 produits carnés ethniques répertoriés ont été regroupés en 5 catégories selon les étapes de préparation et de conservation (Gagaoua et Boudechicha, 2018) en : *i*) produits carnés salés et/ou marinés mais non séchés ; *ii*) produits carnés séchés non fermentés ; *iii*) produits carnés fermentés partiellement-séchés/séchés ; *iv*) produits carnés fumés et *v*) produits carnés cuits et/ou confits.

3.1. Produits carnés salés et / ou marinés mais non séchés (Catégorie I)

Depuis l'antiquité, la viande et le sel sont les deux seuls ingrédients nécessaires à la préparation de plusieurs produits carnés. Le sel, à savoir le NaCl est historiquement le premier ingrédient utilisé pour la préparation des viandes salées (Skibsted, 1992 ; Toldrá, 2014). A l'origine, il a été utilisé par les Egyptiens c. 2000 BC comme sel gemme, sel de mer, ou sel fin (Kurlansky, 2011). Le sel joue plusieurs effets sur les produits carnés, dont la plupart sont souhaitables pour le goût et la perception de saveur qu'il leur procure, et aussi le contrôle partiel de la croissance microbienne en modifiant l'activité de l'eau ce qui permet une durée de conservation plus longue (Barat *et al.*, 2006). Le NaCl est généralement ajouté pendant l'étape de mélange, sous forme de sel en cristaux ou humide en saumure. La marinade peut être aussi effectuée en plus du sel par l'ajout de plusieurs autres ingrédients, dont la plupart

proviennent de plantes. L'ajout des épices et herbes aux produits carnés traditionnels, comme pour le sel, améliore les propriétés sensorielles et texturales et contribue à l'amélioration de la qualité microbiologique des produits (Baxter et Holzapfel, 1982 ; Fernandes, 2009 ; Boudechicha, 2014).

Les pays d'Afrique du nord utilisent une large gamme d'épices comme la coriandre, le curcuma, l'ail, la cardamome, les graines de céleri, la cannelle, le cumin, le gingembre, le safran, le paprika et le poivre (noir, blanc ou rouge) (Gagaoua et Boudechicha, 2018). Généralement, ces ingrédients sont employés comme une « *sharmula* » (une préparation épicée) pour la préparation des produits carnés marinés (Benkerroum, 2013; Boudechicha *et al.*, 2016). La « *sharmula* » peut être ajoutée à la viande sous forme de poudre sèche ou dissoute dans l'eau pour former une solution de marinade (Zaika, 1988 ; Careaga, 2003 ; Gagaoua et Boudechicha, 2018).

Les produits carnés salés et/ou marinés peuvent être préparés à partir de tissus entiers de viande ou d'un morceau de viande coupé en petits cubes tels que *Melfouf* ou haché grossièrement comme le *Merguez* et la *Kufta*. Le salage et la marinade sont toujours suivis d'une étape supplémentaire telle que la cuisson ou le fumage (Farouk, 2012). Les produits finis sont généralement prêts à consommer, qui devraient donc être consommés dans les 2 jours qui suivent leur préparation (Gagaoua et Boudechicha, 2018). Dans cette première catégorie, trois produits ont été répertoriés et qui sont **1) Melfouf** connu aussi sous le nom de *Boulfaf* ou *Zenan*, **2) Merguez** et **3) Kofta** nommé aussi *Kufta* ou *Kabab* (Tableau 1.1).

3.1.1. *Melfouf* /*Boulfaf* / *Zenan* [Produit 1]

Le *Melfouf* est préparé à partir du foie d'agneau qui est lentement grillé sous un feu ouvert (Tableau 1.1). C'est un produit carné très populaire préparé dans le Nord-Ouest de l'Algérie et du Maroc, notamment lors de la fête religieuse de « *Aïd Al Adha* » signifiant « fête du sacrifice » ou *Aïd el-Kebir* signifiant « la grande fête » par opposition avec *Aïd el-Fitr* appelé *Aïd as-Seghir*, ou « petite fête », est la plus importante des fêtes islamiques. *Aïd Al Adha* a lieu le 10 du mois de *dhou al-hijja*, le dernier mois du calendrier musulman, après *waqfat Arafat*, ou station sur le mont Arafat et marque chaque année la fin du *hajj*, le pèlerinage (Gagaoua et Boudechicha, 2018 ; Boudechicha *et al.*, 2018). Le diagramme de préparation traditionnel et l'aspect final de *Melfouf* ont donné respectivement dans (Figure 1.2A) et (Figure 1.3). Après avoir enlevé les vaisseaux sanguins et la petite peau, le foie entier est grillé pendant environ deux minutes de chaque côté de manière à cuire juste la surface et

l'intérieur devra rester cru (afin de raffermir la chair). Chaque cube de 2 à 3 cm³ de foie salé et épicé (sel, poivre et piment rouge) est enrobé avec la crépine d'agneau préalablement nettoyée. La crépine, aussi appelée coiffe ou toilette, est la membrane qui renferme les viscères. Très fine et veinée de lipides, elle est fréquemment utilisée en charcuterie pour maintenir ensemble une préparation culinaire comme les pâtés, les crépinettes, les paupiettes, les rôtis, etc. La crépine fond à la cuisson pour ne laisser apparaître sur la pièce cuite que de légères marques. Elle n'altère nullement le goût et se manipule relativement facilement. Les morceaux sont ensuite embrochés sur des brochettes de bois ou de fer et grillé avec un retournement occasionnel jusqu'à ce qu'ils soient bien cuits. Certains consommateurs préfèrent le *Melfouf* moins épicé car ils jugent que les épices masquent les caractéristiques gustatives du foie (Gagaoua et Boudechicha, 2018 ; Boudechicha et al., 2018). Le *Melfouf* peut être aussi servi avec du pain ou une tortillas de légumes et sauces comme *H'rissa* (une sauce piquante originaire de Tunisie).

3.1.2. *Merguez* [Produit 2]

L'origine de la *Merguez* est généralement attribuée aux autochtones du Maghreb mais sa région natale reste inconnue (Gayler et Edwards, 2011). *Merguez*, pour lequel il existe plusieurs dénominations et qui ont toutes le même sens, désignent la "saucisse". Elle est connue en arabe maghrébin comme « *Mergāz* », « *Merkāza* » et en arabe espagnol comme « *Mirkās* » ou « *Merkās* ». L'étymologie du mot vient du mot berbère (*Tamazighth*) « *Amergaz* » (Gagaoua et Boudechicha, 2018 ; Boudechicha et al., 2018). La première recette écrite de *Merguez* (*Mirqāz*) se trouve dans un livre de cuisine hispano-musulman anonyme du XIII^e siècle.

Le processus de fabrication de la *Merguez* est très variable d'un pays à l'autre et même entre les régions d'un même pays, en fonction de l'assaisonnement, le boyau utilisé, ainsi que le mode de consommation (Benkerroum et al., 2004 ; Daoudi et al., 2006 ; Gagaoua et Boudechicha, 2018). Elle est généralement préparée à partir de la viande d'agneau et du bœuf mélangée avec des condiments (Tableau 1.1). Il a été rapporté récemment que la viande de volaille peut également être aussi utilisée (MacVeighn 2008). Cette saucisse contient normalement des quantités relativement élevées de graisses (plus de 20%), avec une teneur en sodium d'environ 800 mg/100g (Triki et al., 2013). Brièvement, la viande hachée mélangée avec des épices est farcie dans un boyau naturel à savoir l'intestin d'agneau (Figure 1.2B et Figure 1.3).

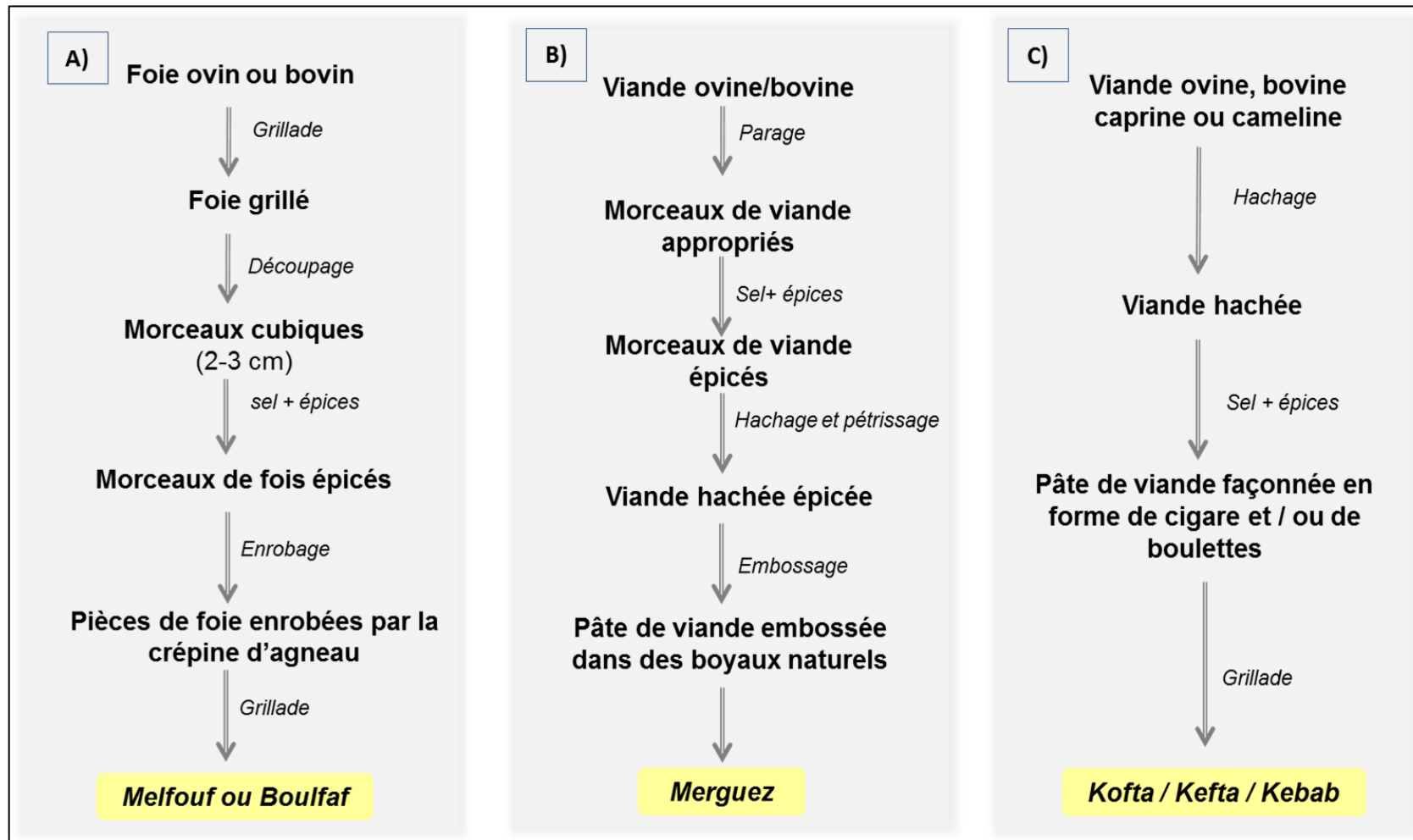


Figure 1.2. Diagrammes de préparation traditionnelle de **A) Melfouf**, **B) Merguez** et **C) Kofta**. Ces produits carnés ethniques nord-africains sont classés dans la *catégorie I*. Salés et / ou produits carnés marinés mais non séchés.

Au Maroc, la *Merguez* est fortement épicée au piment ou à *l'H'rissa*, lui conférant son goût piquant et sa couleur rouge (Triki et al., 2013). La *Merguez* est une saucisse fraîche qui est hautement périssable même lorsqu'elle est conservée à la température de réfrigération ; elle doit donc être consommée dans les 2 jours suivant sa préparation.

Pour sa consommation, la *Merguez* est généralement grillée ou cuite au barbecue, localement connu sous le nom de « *Chwa* » qui dérive du mot « *Mechoui* » (*Mechoui* est le rôti traditionnel nord-africain) pour la préparation des sandwiches. Cependant, en Tunisie et en Algérie, la *Merguez* est couramment consommée comme ingrédient avec du couscous. Enfin, la *Merguez* fait maintenant partie du menu dans de nombreux restaurants à travers le monde et est largement consommée dans différents pays européens et asiatiques (Gagaoua et Boudechicha, 2018 ; Boudechicha et al., 2018).

3.1.3. *Kofta* / *Kefta* / *Kabab* [Produit 3]

Kofta ou *Kufta* ou *Kabab* est un produit carné d'origine orientale qui est devenu un aliment de base de fast-food à travers le monde, notamment dans les pays nord-africains. A l'origine, *Kofta* a été apporté du Moyen-Orient vers les pays nord-africains et méditerranéens (Gagaoua et Boudechicha, 2018). En fait, le terme "*Kofta*" signifie "broyer" en Persan. Alors qu'il a été suggéré que *Kabab* est à l'origine un produit carné turc, apporté par des soldats ottomans qui grillaient la viande sur leur épée. *Kofta* est un produit carné prêt-à-manger préparé à partir de viande hachée grillée (Daoudi et al., 2006 ; MacVeigh, 2013). Le diagramme de préparation traditionnel de *Kofta* est présenté dans la (Figure 1.2C). Traditionnellement, la viande maigre désossée est hachée et mélangée avec les épices, les herbes et les oignons écrasés. Le mélange est généralement façonné en forme de cigares ou boulettes et laissé reposer au moins 2 heures avant la cuisson. Les pièces de *Kofta* peuvent être grillées directement sur du charbon de bois ou embrochés sur des brochettes de bois ou de fer et grillées avec un retournement occasionnel (Figure 1.3). Dans ce cas, en Egypte, il est appelé *Sikh Kabab* (El-Magoli et Abd-Allah, 2014). En Algérie, un autre produit carné traditionnel très similaire préparé à base de viande de bœuf, d'agneau ou de volaille appelé *Mthewem*, car il contient de grandes quantités d'ail. Cependant, ceci est mangé dans une sauce avec des pois chiches. Contrairement au *Mthewem*, *Kofta* ou *Kabab* est servi immédiatement avec du pain pita ou *khubz* (le pita désigne un pain peu épais de forme ronde), de la sauce *Tahini* ou du riz bouilli asiatiques (Gagaoua et Boudechicha, 2018 ; Boudechicha et al., 2018). Une autre collation ou apéritif similaire préparé au Maroc connu sous le nom de *Qotban* (littéralement, « bâtonnets ») qui est

généralement préparé en marinant la viande avec du vinaigre, des oignons et du poivre (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

Les aspects des différents produits carnés salés et/ou marinés mais non séchés recensés sont présentés dans la figure suivante.

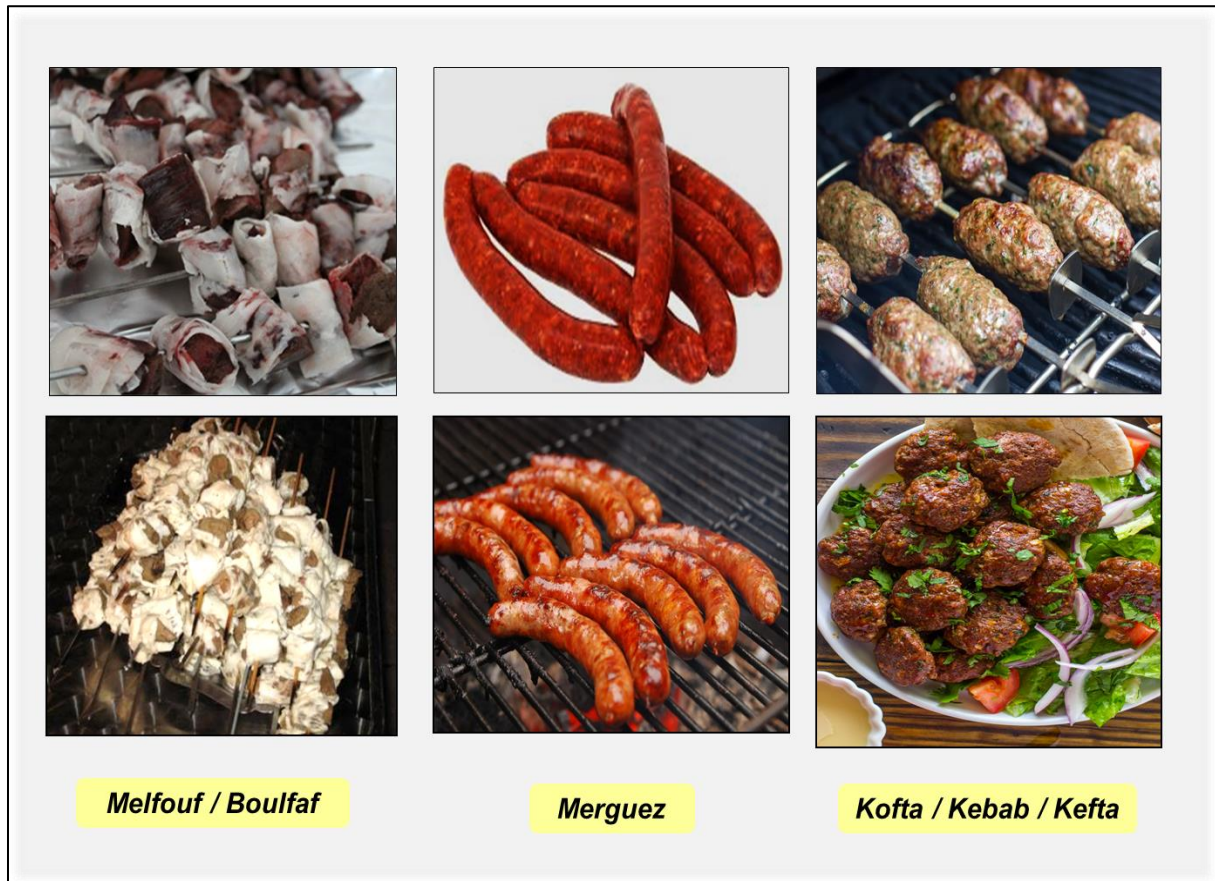


Figure 1.3. Aspects de *Melfouf/Boulfaf* ; *Merguez* et *Kofta*. Ces produits carnés d'origine d'Afrique du Nord sont classés dans la catégorie **I** : Produits carnés salés et/ou marinés mais non séchés (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

3.2. Produits carnés séchés non fermentés (Catégorie II)

Le séchage est le mode de transformation traditionnelle le plus utilisé. A l'origine, c'est un procédé qui induit une forte diminution de l'activité de l'eau de la viande. Après séchage, l'activité de l'eau atteinte détermine les caractéristiques du produit fini (sa texture, couleur et flaveur) et sa durée de vie (stabilité chimique et microbiologique) (Cassens, 2008 ; Zukál et Incze, 2010 ; Lewicki, 2014). Les viandes séchées se réfèrent à une grande variété de produits qui ont été soumis à la déshydratation, de sorte que la teneur en humidité pourrait être réduite à des niveaux auxquels la croissance microbienne est limitée (Fernandes, 2009 ; Zukál, et

[Incze, 2010](#)). Globalement, la qualité sensorielle unique et la stabilité microbiologique des produits carnés séchés sont directement liées à plusieurs facteurs, notamment: *i*) l'ampleur du séchage; *ii*) l'humidité obtenue et *iii*) la méthode de séchage ([Toldrá, 2008](#)).

Les produits carnés séchés peuvent être préparés à partir de morceaux entiers ou de fines émulsions de viande ([Farouk et Bekhit, 2012](#)). La popularité des produits à base de viande séchée dans les pays d'Afrique du Nord a probablement commencé dès l'époque romaine et a été pratiquée dans la vallée du Nil pendant des milliers d'années ([Igene, 2008](#)). Dans cette deuxième catégorie, 5 produits ont été identifiés et sont 1) *Guedid* connu aussi comme *Kadid* en arabe maghrébin ou *Achedlouh* en berbère (par le peuple kabyle d'Algérie), 2) *Guedid* épicé, 3) *El M'selli*, 4) *Kourdass* et 5) *Tidkit* ([Gagaoua et Boudechicha, 2018](#)).

3.2.1. *Guedid/Kadid/Achedlouh et Guedid épicé* [Produits 4, 5]

Guedid est un produit carné traditionnel salé et séché au soleil, très connu dans les pays du Maghreb (Maroc, Algérie et Tunisie), préparé le plus souvent après « *Aïd Al Adha* » (Tableau 1.1). Il peut être préparé à partir de tous types de viande, y compris la viande de dromadaire ([Bennani et al., 1995](#) ; [Essid et al., 2007](#) ; [Boudechicha, 2014](#) ; [Gagaoua et Boudechicha, 2018](#)). Les parties de la carcasse habituellement transformés en *Guedid* sont les côtes d'agneau. Cependant, certains ne font du *Guadid* qu'à partir des morceaux restant après la découpe de la carcasse. La préparation du *Guedid* diffère d'une région à l'autre et dépend principalement des ingrédients utilisés, des techniques de salage et de séchage ainsi que les utilisations finales du produit. En outre, l'aspect final et la couleur ne sont pas toujours les mêmes (Figure 1.5). Traditionnellement, la viande fraîche est coupée en fines lanières mélangées avec du sel et éventuellement des épices. Les lanières salées sont ensuite suspendues à l'air libre. Le salage peut être effectué à sec ou en saumure, dont la quantité de sel est visuellement appréciée en fonction de la quantité de la viande utilisée ([Boudechicha, 2014](#)). Cependant, l'ajout d'épices (ail, piment rouge, coriandre et menthe) est principalement lié à l'usage habituel dans certaines régions ([Benkerroum, 2013](#)). Les conditions climatiques de la région de préparation déterminent les aspects chimiques, microbiologiques et sensoriels du *Guedid*. Cependant, L'activité de l'eau de *Guedid* varie de 0,50 à 0,7 ([Bennani et al., 1995](#))

Les diagrammes de préparation traditionnels les plus rapportés sont donnés pour le *Guedid* et le *Guedid épicé* respectivement dans les (Figure 1.4A et Figures 1.4B).

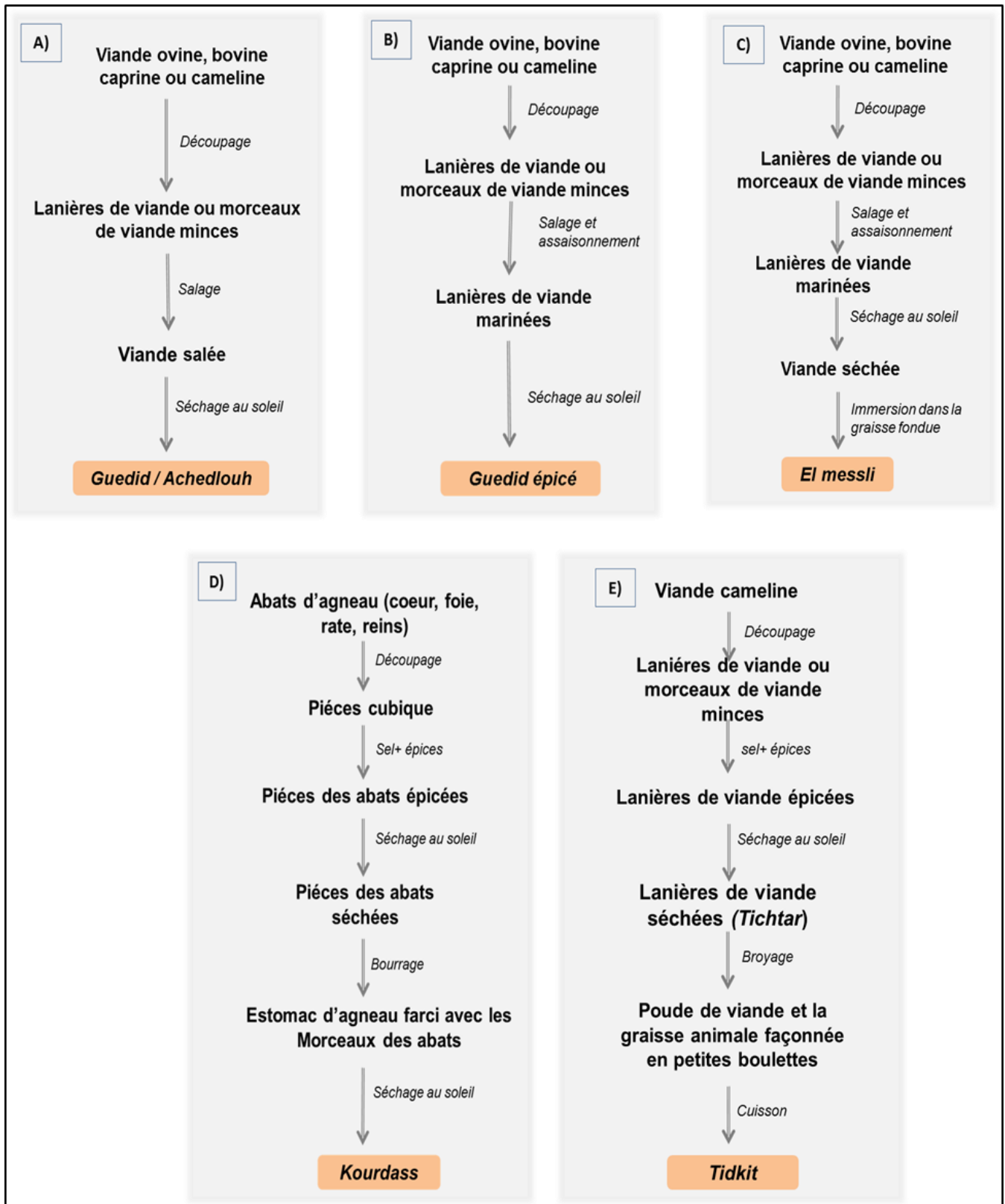


Figure 1.4. Diagrammes de préparation traditionnelle de A) *Guedid*, B) *Guedid épicé*, C) *El messli*, D) *Kourdass* et E) *Tidkit*. Ces produits de viande ethniques nord-africains sont classés dans la catégorie II. Produits carnés séchés non fermentés.

La détermination des micro-organismes impliqués dans le processus biochimique de *Gueddid* a montré que les staphylocoques représentent la microflore dominante qui assure la sécurité du produit. Il a été rapporté par [Essid et al. \(2007\)](#) que les souches isolées de *S. xylosus* de *Gueddid* Tunisien présentaient de bonnes activités antimicrobiennes et lipolytiques ainsi que des activités acidifiantes pouvant être utilisées comme initiateurs avec des bactéries lactiques. De plus, selon [Bennani et al. \(1995\)](#), *Gueddid* doit son goût caractéristique à la lipolyse. Cependant, il a été rapporté qu'un nombre élevé de micro-organismes lipolytiques ont été révélés dans le *Gueddid* Marocain.

Le *Gueddid* est généralement conservé dans des bocaux ou des sacs en plastique pendant plusieurs mois à une température ambiante dans un endroit sec pour éviter sa réhydratation ([Chabbouh et al., 2013](#) ; [Gagaoua et Boudechicha, 2018](#)). Pour sa consommation, il est rajouté dans la préparation des plats traditionnels tels que le couscous, le ragoût de légumineuses, *Aiche*, et « *Couscous Avissar* » ; un plat à base de semoule de blé préparé dans la région de Kabylie (Algérie) durant l'hiver et pour la nouvelle année berbère chaque 12 janvier ([Boudechicha, 2014](#)).

3.2.2. *El M'selli* [Produit 6]

El M'selli est un produit carné traditionnel à faible teneur en eau, préparé dans les régions du nord-ouest de l'Algérie (Tableau 1.1). Le procédé de préparation traditionnel a été rapporté par [Boudechicha \(2014\)](#). Brièvement, la viande maigre désossée est coupée en morceaux minces ou en longues lanières. Un mélange de sel et d'épices notamment du poivre noir, de la coriandre, du piment piquant et de l'ail sont saupoudrés sur la viande et laissés mariner une nuit. Les lanières assaisonnées sont ensuite exposées au soleil en les accrochant à un fil. Après séchage, la viande est ensuite immergée dans de la graisse fondue et conservée dans des récipients en plastique ou en verre pendant plusieurs mois (Figures 1.4C). *El M'selli* est principalement consommé avec le ragoût ou en sauce ([Gagaoua et Boudechicha, 2018](#)).

3.2.3. *Kourdass* [Produit 7]

Kourdass est un produit qui ressemble à la saucisse et qui est préparé à partir des abats d'agneau comme l'estomac, les intestins, le foie, les poumons, la rate et la graisse (Tableau 1.1). Tous les constituants sont coupés en petits morceaux avant d'être salés et assaisonnés avec du sel, du cumin, du piment rouge, de l'ail et du poivre noir (Figure 1.4D). Des morceaux d'estomac d'environ 15 × 10 cm préalablement lavés et nettoyés sont farci avec le mélange en

formant des boules dont le côté rugueux de l'estomac est à l'extérieur (Spires, 2007 ; Daoudi *et al.*, 2006 ; Benkerroum, 2013). Chaque boule est enroulée avec l'intestin pour être scellée et séchée au soleil (Figure 1.5). Le temps de séchage dépend de la taille de la boule, des conditions climatiques et de la saison de préparation.

Le *Kourdass* est consommé après 10 à 15 minutes d'ébullition. Il est soit coupé en tranches et servi avec du couscous ou consommé comme une saucisse grillée. Le *Kourdass* est habituellement préparé pour la consommation domestique pendant les mariages et certaines festivités comme le *Moussem* ; une célébration religieuse annuelle.

3.2.4. *Tidkit* [Produit 8]

Tidkit est un produit carné séché au soleil, consommé dans les régions du sud du Maroc. C'est un mélange de viandes séchées et de graisse finement hachée (Tableau 1.1). Traditionnellement, des lanières ou de fines tranches de viande sont mélangées avec du sel et séchées au soleil pendant au moins 7 jours, en fonction de l'épaisseur de des morceaux de viande et les conditions climatiques (Gagaoua et Boudechicha, 2018). Les tranches séchées appelées « *Tichtar* » par les nomades berbères marocains, sont broyées pour obtenir une poudre de viande. Cette dernière est ensuite mélangée avec de la graisse animale et de l'eau. Le mélange est habituellement façonné en petites boulettes avant d'être cuites pendant 5 minutes (Figure 1.4E).

Tidkit est un produit carné à longue conservation qui peut être stocké à température ambiante. Cependant, les études antérieures ont indiqué qu'en raison de la teneur élevée en matières grasses de *Tidkit*, sa stabilité peut être affectée et conduit au développement du goût de rance (Aguirrezábal, 2000). *Tidkit* est similaire au *Sharmoot*, un produit carné traditionnel soudanais (Gailani et Fung, 1989) et au *Pemmican*, un produit carné nord-américain (Rust et Knipe, 2014). Cependant, *Pemmican* est vendu sur le marché sous forme de « barres énergétiques » consommé partout dans le monde comme apéritif (Rust et Knipe, 2014). Tandis que *Tidkit* est encore localement consommé, utilisé pour préparer des soupes et des sauces servi lors de rares événements.

Les aspects des différents produits carnés séchés non fermentés recensés sont présentés dans la figure suivante.

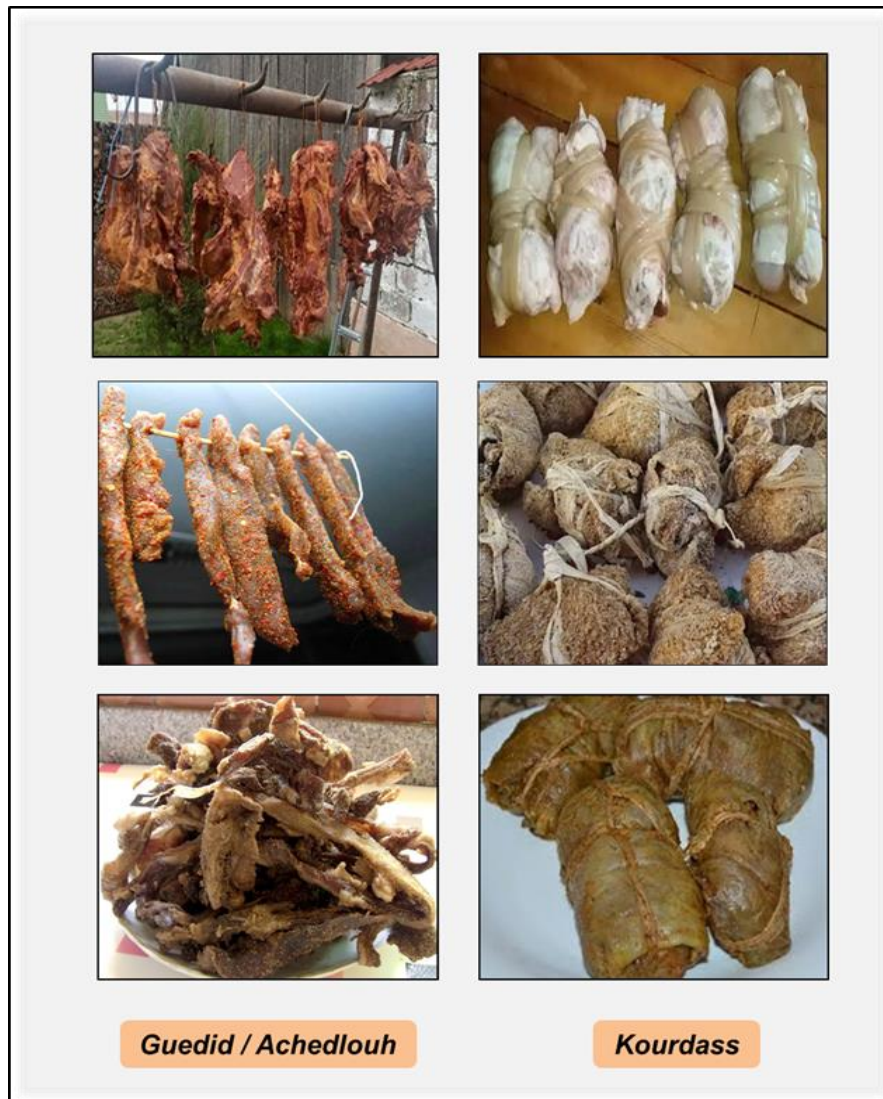


Figure 1.5. Aspects de *Guedid* (en arabe) ou *Achedlough* (en Tamazight, la langue des Berbères) et *Kourdass*. Ces produits carnés d'origine d'Afrique du Nord sont regroupés dans la catégorie II : Produits carnés séchés non fermentés (Gagaoua et Boudechicha, 2018)..

3.3. Produits carnés fermentés partiellement séchés / séchés (Catégorie III)

La fermentation est l'une des technologies les plus anciennes, connue dans de nombreuses cultures utilisée pour la conservation des aliments y compris la viande. La fermentation de la viande est définie comme une méthode biologique à faible énergie basée sur l'action de la flore indigène de la viande (principalement les bactéries lactiques (LAB) et les staphylocoques) (Zdolec, 2017). Les produits carnés fermentés possèdent des caractéristiques uniques, principalement des propriétés organoleptiques spécifiques et une stabilité microbiologique (Hui *et al.*, 2014).

Les produits carnés fermentés sont subdivisés en : *i*) « saucisses fermentées » préparées à partir de viande hachée bourrée dans des boyaux naturels ou synthétiques et en *ii*) « jambons ou viande fermentée » préparés par salaison et séchage des morceaux entiers de viande, suivis d'une période de maturation afin d'obtenir les qualités sensorielles désirées. Les produits carnés fermentés sont traditionnellement et commercialement des produits de valeur (Lücke, 1994 ; Talon *et al.*, 2007 ; Rantsiou et Cocolin, 2008 ; Laranjo *et al.*, 2017). Ils peuvent être classés en plusieurs groupes en fonction de différents critères tels que les pratiques traditionnelles de la fermentation, le pays d'origine ou en fonction des ingrédients utilisés. En outre, la classification peut être basée sur le degré de séchage en viandes fermentées non séchées, partiellement-séchées et séchées, qui diffèrent par leur activité d'eau et leur pH final (Lücke, 1994 ; Lücke, 2000 ; Zdolec, 2017). Cependant, Vignolo *et al.* (2010) ont rapporté que le pH final des viandes fermentées partiellement-séchées se situe entre 4,7 et 5,4 avec A_w est entre 0,90-0,91, alors que le pH des viandes fermentées séchées est de 5,2-5,8 avec A_w compris entre 0,85 et 0,91.

Les produits à base de viande fermentée sont des produits stables qui peuvent être conservés à une température ambiante pendant plusieurs mois. La stabilité microbiologique résulte d'une série de facteurs spécifiques principalement: *(i)* baisse du pH; *(ii)* taux de croissance élevé des bactéries lactiques; *(iii)* diminution de l'activité de l'eau; *(iv)* ampleur de séchage et *(v)* ajout de sel et d'épices (Toldrá, 2014). Historiquement, la préparation de produits carnés fermentés est souvent liée aux conditions climatiques de la zone de production. De nombreux types de viandes fermentées sont produits dans les pays Nord-Africain; ils sont généralement séchés. Il existe plusieurs types qui diffèrent selon l'origine, les assaisonnements, les diamètres, la taille et les propriétés sensorielles (Zdolec, 2017). Dans cette troisième catégorie, trois produits ont été répertoriés: 1) *Soudjouk*, connu aussi sous le nom de *Sucuk* ou *Nakanek*, 2) *Boubnita* et 3) *Pastirma* (Boudechicha *et al.*, 2018).

3.3.1. *Soudjouk*, *Sucuk*, *Nakanek* [Produit 9]

Soudjouk (*Sucuk* en Turquie ; *Nakanek* au Moyen-Orient et au Maghreb) est une saucisse sèche, fermentée, non cuite d'origine turque (Kalalou *et al.*, 2004, Özbey *et al.*, 2007). Il est entièrement préparé à base de viande de bœuf, et également d'agneau et de dromadaire (Tableau 1.1). Traditionnellement, le *Soudjouk* est un mélange de viande finement hachée, de la graisse de mouton (90% de viande maigre et 10% de graisse), du sucre, du sel, de l'ail et des épices, bourrés dans des boyaux naturels en utilisant souvent l'intestin grêle des moutons

(Gagaoua et Boudechicha, 2018). La saucisse est ensuite suspendue à l'air libre et laissé sécher pendant plusieurs semaines (période de fermentation et d'affinage) à température ambiante (20 – 25°C) (Figure 1.6A). Cette étape permet de diminuer l'activité de l'eau conférant ainsi au *Soudjouk* son aspect solide (Figure 1.7). La fermentation du *Soudjouk* peut être effectuée soit par des micro-organismes naturellement présents dans la viande soit par des starters composés principalement de *Staphylococcus carnosus* et de *Lactobacillus plantarum* afin d'accélérer le processus et de standardiser la qualité du produit fini (Kaya et al., 2005).

Dans le *Soudjouk*, et quel que soit le processus de préparation, la graisse joue des rôles technologiques importants lors de sa fabrication. Par exemple, elle aide à desserrer le mélange, ce qui facilite la libération continue de l'eau présent dans les parties internes du produit. La libération régulière d'humidité est essentielle pour une bonne fermentation et une amélioration de l'arôme du produit fini (Bloukas, 1997 ; Kaya et al., 2005 ; (Gagaoua et Boudechicha, 2018). Le *Soudjouk* est généralement consommé cuit car lorsqu'il est cru, il a une texture très dure. Il est servi comme apéritif ou utilisé comme garniture des sandwichs et des pizzas (Kabak et Dobson, 2011).

3.3.2. *Boubnita* [Produit 10]

Boubnita est une saucisse séchée et fermentée typiquement marocaine (Tableau 1.1), qui est préparée et consommée principalement après la fête religieuse « *Aïd Al Adha* ». L'origine du mot dérive du dialecte maghrébin, « *Boubnit* » se référant au « gros intestin de bœuf/d'agneau »; où la viande est farcie. Pour préparer *Boubnita*, la viande d'agneau est coupée en petits cubes, assaisonnée d'épices (sel, coriandre, cumin, gingembre, piment rouge, paprika et huile d'olive). L'intestin d'agneau préalablement nettoyé est farci (Figure 1.6B). La saucisse est ensuite attachée avec un fil et laissé subir un séchage et une fermentation lente à l'air libre (Benkerroum et al., 2014 ; Daoudi et al., 2006). *Boubnita* est habituellement consommé en sauce avec des légumes ou des pâtes (Figure 1.7).

La figure 1.6 représente les diagrammes de préparation traditionnelle des différents produits carnés fermentés partiellement-séchés/séchés recensés.

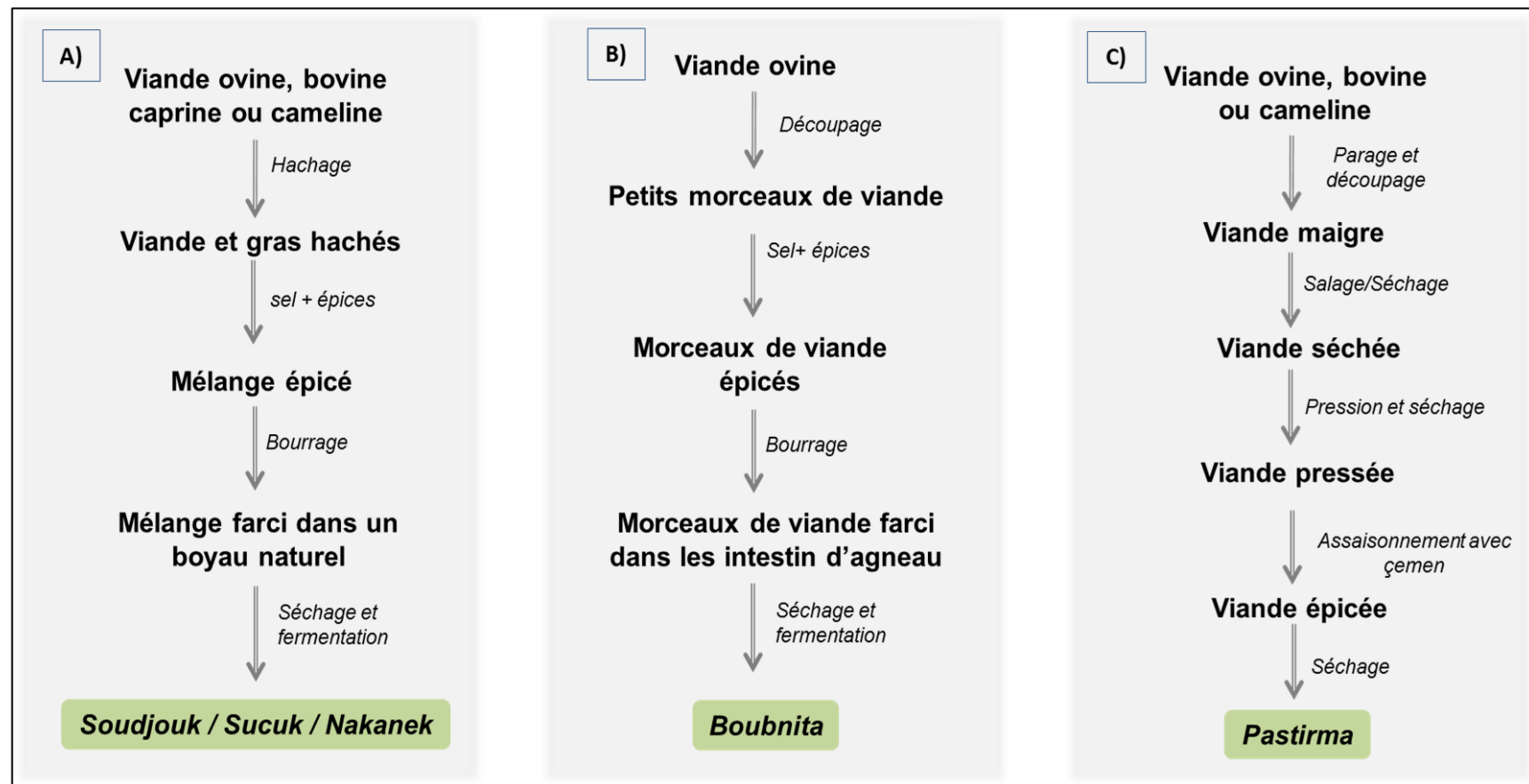


Figure 1.6. Diagrammes de préparation traditionnelle de A) *Soudjouk/Sucuk/Nakanek*, B) *Boubnita* et C) *Pastirma*. Ces produits carnés d'origine d'Afrique du Nord sont regroupés dans la catégorie III : Produits carnés fermentés partiellement-séchés/séchés.

3.3.3. *Pastirma* [Produit 11]

Pastirma (*Basterma*, *Basturma* ou *Pastrami*) est un produit carné prêt-à-manger couramment préparé et consommé en Egypte. En fait, *Pastirma* est dérivé du mot turc « Bastirma » qui signifie la pression ; cette dernière est l'étape cruciale de sa fabrication (Kilic, 2009). La préparation traditionnelle de *Pastirma* est un long processus qui dure plusieurs semaines et comprend trois étapes bien définies : le salage, la pression et enfin le séchage et la maturation (El-Khateib, 1997 ; Akkose et Aktas, 2014). *Pastirma* est principalement préparé à partir de la viande de bœuf. D'autres viandes telles que la viande d'agneau ou de dromadaire sont également utilisées (Tableau 1.1). De plus, n'importe quelle partie de la carcasse peut être employée pour sa préparation. Cependant, la qualité du produit fini dépend des morceaux utilisés. Le diagramme de préparation traditionnel et l'aspect final de *Pastirma* sont donnés respectivement dans les (Figure 1.6C) et (Figure 1.7). Brièvement, la viande est découpée en longues bandes (5 à 6 cm de longueur et 5 cm d'épaisseur), incisée, puis frottée et recouverte de sel. Les bandes sont disposées en tas d'environ 1 m de haut et conservées pendant une journée à température ambiante. Ensuite, elles sont retournées, salées à nouveau, puis remises en tas pour un jour de plus. Après cette étape, les bandes de viandes sont lavées et séchées à l'air pendant 2 à 3 jours en été et 15 à 20 jours en hiver (Gagaoua et Boudechicha, 2018). Une fois sèches, elles sont empilées sur une hauteur de 30 cm et pressées avec un poids lourd pendant 12 heures. Après une autre période de séchage de 2 à 3 jours, elles sont à nouveau compressées pendant 12 heures puis remises à sécher à l'air pendant 5 à 10 jours. Toute la surface de la viande est ensuite recouverte d'une couche (3 à 5 mm d'épaisseur) de *Çemen* ; une pâte composée d'ail, de fenugrec et de paprika rouge (Aktaş et al., 2005). La préparation du *Pastirma* nécessite donc plusieurs semaines mais le produit reste exempt de moisissures pendant des mois à température ambiante, même en été (Aktaş et al., 2005).

La composition biochimique globale a montré que *Pastirma* a une humidité intermédiaire de 39 à 52% avec une activité d'eau de 0,85 à 0,90. Le pH final varie de 5,7 à 6,1 (Çakıcı, 2015). La microflore est souvent stabilisée dans le *Pastirma* (El-Khateib, 1997 ; Çakıcı, 2015). Il a été rapporté que les bactéries lactiques, *Micrococcus* et *Staphylococcus* sont les micro-organismes les plus abondants dans le *Pastirma* (Çakıcı, 2015). Cependant, La plupart des altérations de ce type de produit proviennent d'une augmentation de l'humidité (Aktaş et al., 2005).

Pastirma est généralement consommé avec des œufs bouillés, coupé en tranches soit frit ou légèrement grillé. Récemment, *Pastirma* est utilisée dans les fast-foods comme une garniture de pizza et des sandwichs (El-Magoli et Abd-Allah, 2014).

Les aspects des différents produits carnés séchés non fermentés recensés sont présentés dans la figure suivante.

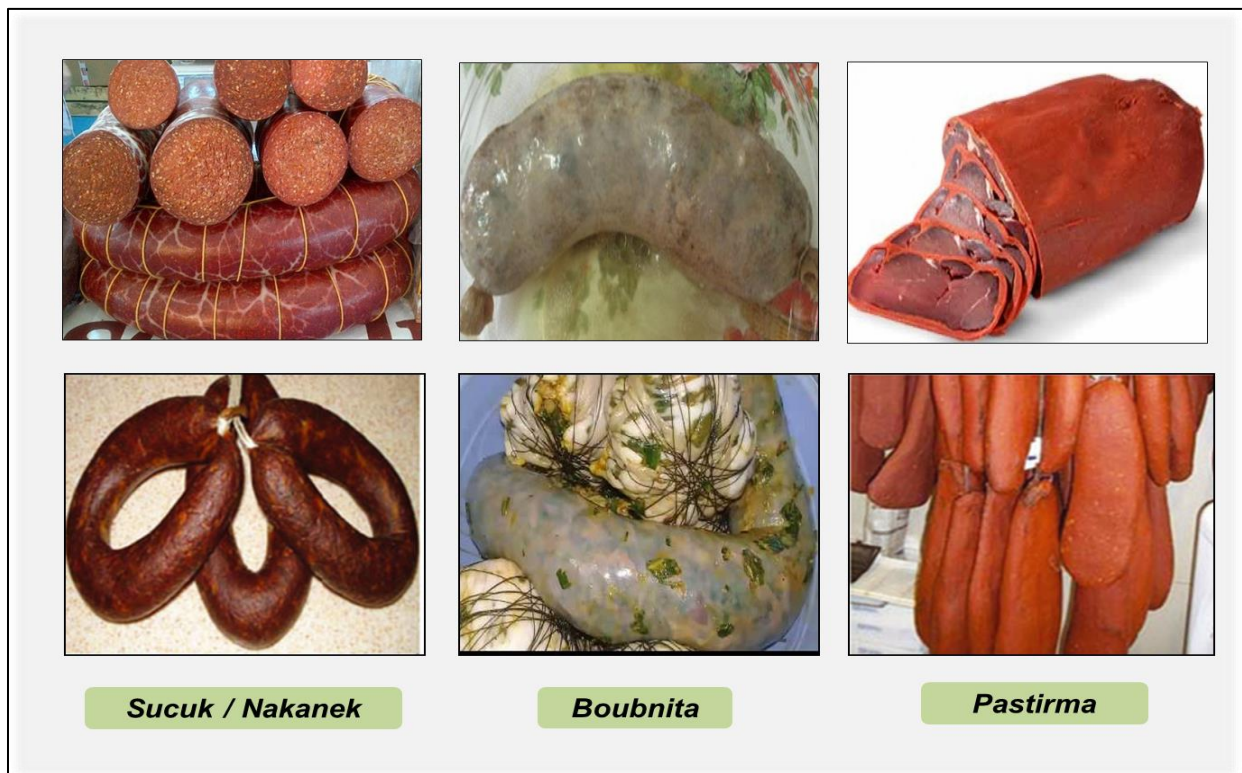


Figure 1.7. Aspects de *Soudjouk/Sucuk/Nakanek*, *Boubnita* et *Pastirma*. Ces produits carnés d'origine d'Afrique du Nord sont regroupés dans la catégorie III : Produits carnés fermentés partiellement-séchés/séchés (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

3.4. Produits carnés fumées (Catégorie IV)

Le fumage a été appliqué pendant des siècles pour la conservation de la viande, en l'exposant à la fumée produite par la pyrolyse du bois (Cassens, 2008). Le fumage est une partie élémentaire du traitement thermique (Tóth et Potthast, 1984 ; Honikel, 2010). C'est un traitement combiné, basé sur l'action conjointe des enzymes et de la chaleur, qui favorise les changements protéiques et lipidiques dans la viande traitée. Le fumage a également des implications nutritionnelles et affecte les qualités sensorielles, la sécurité et la durée de conservation du produit. Cependant, l'extension de ces changements dépendra de nombreux

facteurs, y compris le type de fumage, l'humidité relative, la vitesse, la température, la densité et la composition de la fumée et la durée du fumage (Ruiter, 1979 ; Anifantaki et al., 2002).

Le rendement et la composition biochimique de la fumée dépendent du type et des caractéristiques du bois utilisé et sont principalement son humidité relative et ses teneurs en hémicellulose, cellulose et lignine ainsi que la température de sa dégradation thermique (Balejko & Miler, 1988 ; Andrés et al., 2007).

Les effets conservateurs du fumage dépendent du temps et de la température de traitement thermique appliqué pendant le processus et de l'activité antibactérienne et anti-oxydante des composants de la fumée. De nombreuses études ont été menées sur les effets bactériostatiques et/ou bactéricides de certains constituants de la fumée (Encinas et al., 2000, Feiner, 2006). Il a été rapporté que les phénols, les acides carboxyliques, le formaldéhyde, le gäiacol et le pyrogallol; qui sont déposés à la surface de la viande, ont une activité antimicrobienne contre divers micro-organismes (Fernandes, 2009; Rozum, 2009).

Les produits carnés peuvent être fumés à n'importe quel moment du processus de préparation et par conséquent, de nombreuses procédures de fumage sont utilisées. Cependant, les températures appliquées affectent à la fois les propriétés sensorielles typiques et la durée de conservation des produits finis (Šimko, 2002). Le fumage à chaud est effectué à des températures élevées ; dans ce cas, la viande est entièrement cuite. Contrairement au fumage à froid, la viande reste relativement humide avec une couleur foncée et une saveur de fumée typique (Løvdal, 2015). Habituellement, les produits carnés fumés à froid subissent d'autres traitements avant la consommation (Strydom, 2004). Dans cette quatrième catégorie, quatre produits carnés ont été répertoriés et qui sont : 1) *Fregate*, 2) *Merdouma* connu sous le nom de *Bourdim* ou *Mandi*, 3) *Tarfa-Gara* et 4) *Maynama* (Boudechicha et al., 2018).

3.4.1. *Fregate* [Produit 12]

Fregate est un produit carné traditionnel prêt-à-manger préparé et très apprécié par la population autochtone du sud de l'Algérie appelée « *Touareg* » (Tableau 1.1). *Fregate* est une viande épicée, fumée et éventuellement séchée préparés à partir de viande de chameau. Cependant, dans les régions de sud Algérien, la consommation de la viande de dromadaire est importante. Elle liée aux habitudes alimentaires des autochtones et représente le cheptel le plus abondant dans cette zone (Boudechicha, 2014). Le diagramme de préparation de *Fregate* (Figure 1.8A) a été décrit en détail par Boudechicha (2014). Pour sa préparation, la viande de

dromadaire désossée est découpée en morceaux entiers de 5 à 6 cm de longueur et 5 cm d'épaisseur, soigneusement incisés, puis assaisonnés avec du sel et un ensemble d'épices. Les pièces sont partiellement séchées au soleil et fumées pendant deux à trois jours. La viande est ensuite enterrée pendant 7 jours dans une *Matmora*, sorte d'un trou dans le sable qui contient des cendres. *Fregate* peut être consommé directement après avoir fumé ou séché à nouveau avant d'être stocké à température ambiante. *Fregate* peut accompagner des plats traditionnels ou servi avec du pain traditionnel appelé «*Mella*» (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

3.4.2. *Merdouma* / *Bourdim* / *Mandi* [Produit 13]

Merdouma est l'un des produits carnés prêts-à-manger les plus populaires, préparé à partir d'une carcasse entière (généralement un agneau ou une chèvre de petite taille) ou des morceaux entiers de viande de bœuf (Gagaoua et Boudechicha, 2018). La viande incisée, mélangée avec du sel et un ensemble d'épices (Tableau 1.1) est cuite dans un *Tandoor* (appelé aussi un *Taboon*), qui est un type spécial de four présenté comme un trou creusé dans la terre et recouvert à l'intérieur par de l'argile. Le bois sec est placé dans le *Tandoor* et brûlé pour générer le charbon. Avant de fermer le trou, la viande est suspendue à l'intérieur du *Tandoor* sans toucher le charbon (Figure 1.8B et Figure 1.9). La durée de cuisson dépend du type de viande et de la taille des morceaux utilisés (Salloum et Lim, 2012).

Mandi (en Egypte) ou *Bourdim* (en Libye) est considéré comme le plat principal servi lors des événements spéciaux tels que les mariages ou il est généralement servi avec du riz. Alors qu'en Algérie, *Merdouma* reste essentiellement une pratique «*Bédouine*» utilisée après la chasse.

3.4.3. *Tarfa-Gara* [Produit 14]

Tarfa-Gara est un produit carné préparé dans le sud Algérien. L'appellation du produit dérive du dialecte «*Touareg*» qui signifie l'estomac de l'animal. En effet, *Tarfa-Gara* est préparé à partir de l'estomac et des abats d'agneau ou de dromadaire (Tableau 1.1). L'estomac préalablement nettoyé est farci par les petits morceaux d'abats (intestins, foie, poumon, rate et rein), puis salé et assaisonné (Gagaoua et Boudechicha, 2018). Des pierres d'environ 8 cm sont préchauffées dans les cendres et placées à l'intérieur de l'estomac. L'étape de fumage/cuisson est assurée par la chaleur de la pierre, en faisant tourner les abats à l'intérieur de l'estomac afin d'assurer une cuisson homogène (Figure 1.8C).

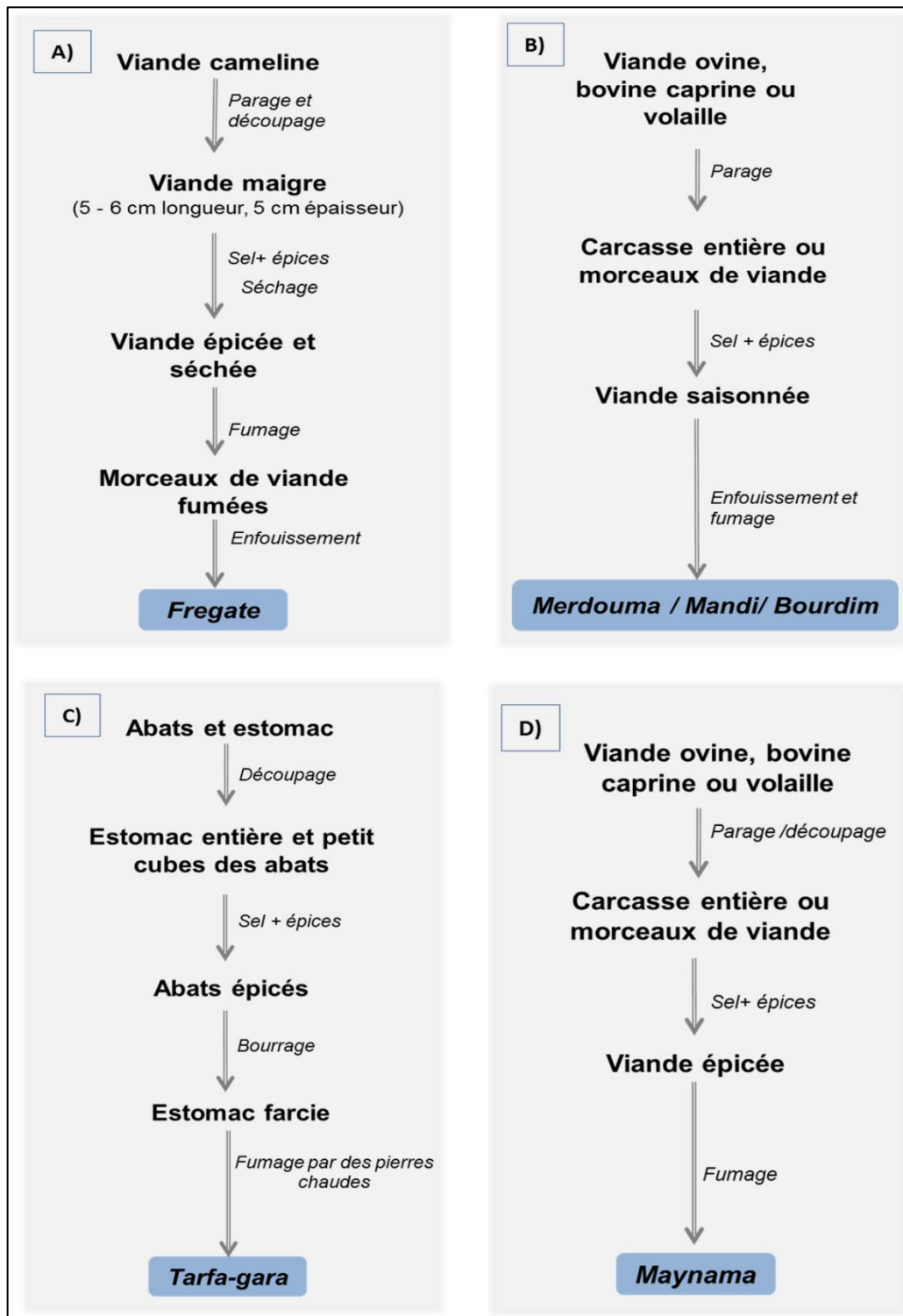


Figure 1.8. Diagrammes de préparation traditionnelle de A) *Fregate*, B) *Merdouma/Mandi/Bourdim* C) *Tarfa-gara* et D) *Maynama*. Ces produits carnés d'origine d'Afrique du Nord sont regroupés dans la catégorie IV : Produits carnés fumé.

3.4.4. *Maynama* [Produit 15]

Maynama est un produit carné traditionnel Algérien qui est devenu très populaire dans les régions du Sud. *Maynama* est préparée par la viande de bœuf, d'agneau ou de dromadaire salée, épicée et fumée (Boesen et Marfaing, 2007). En fait, Le processus de préparation traditionnel de *Maynama* est similaire à celui de *Merdouma* (Figure 1.8D).

La qualité du produit fini dépend des morceaux de viande utilisés (quantité de lipides), des épices (type et quantité) et du type de bois (la fumée). *Maynama* fait maintenant partie du menu proposé par de nombreux restaurants des régions du sud de l'Algérie (Figure 1.9) (Gagaoua et Boudechicha, 2018 ; Boudechicha et al., 2018).



Figure 1.9. Aspects de *Merdouma/Mandi/Bourdim* et *Maynama*. Ces produits carnés d'origine d'Afrique du Nord sont regroupés dans la catégorie IV : Produits carnés fumés (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

3.5. Produits carnés cuits et / ou confits (Catégorie V)

La cuisson ou le traitement thermique est une étape essentielle dans la préparation des produits carnés cuits et/ou confits. En général, la viande est soumise à une cuisson afin d'améliorer sa palatabilité en intensifiant la saveur et de prolonger sa durée de conservation en réduisant l'incidence de la détérioration (Vignolo *et al.*, 2010 ; Lopez *et al.*, 2015). L'origine de la cuisson de la viande est inconnue. C'est une technique qui existe depuis des millénaires, La première fois qu'une viande fût rôtie, est probable par accident ou par curiosité, quand la chair d'un animal tué dans un incendie de forêt a été considérée comme plus savoureuse, plus agréable et plus facile à mâcher et à digérer que la viande crue habituellement consommée.

La cuisson sèche, humide et la friture sont les méthodes de traitement thermique les plus populaires qui ont des effets substantiels sur la qualité sensorielle et l'authenticité des produits finis (Prakash, 2016). La cuisson sèche se réfère à une exposition directe de la viande à la chaleur, y compris le rôtissage et la grillade. Cependant, la cuisson humide qui englobe l'ébullition, le pochage et la cuisson à la vapeur est un processus thermique qui utilise un milieu de transfert liquide (Cassens, 2008). La friture (cuisson superficielle ou profonde) est une procédure de cuisson dans laquelle la viande est rapidement cuite dans l'huile ou la graisse au lieu de l'eau (Cassens, 2008).

La cuisson affecte considérablement les qualités organoleptiques des produits carnés. Elle améliore la palatabilité en modifiant le goût « sanguin » de la viande crue ; en développant des composés aromatiques afin de prononcer la saveur cuite (Cassens, 2008, Fernandes, 2009). De plus, la cuisson modifie la texture de la viande et des produits carnés (Gagaoua *et al.*, 2013). Cependant, Tornberg *et al.* (1997, 2005) ont suggéré que la cuisson à une température de 70 à 100 ° C augmente la tendreté de la viande.

La cuisson contribue à la stabilité des produits carnés par la destruction des organismes pathogènes et d'altération (Cassens, 2008, Fernandes, 2009). Par conséquent, le traitement thermique améliore la durée de conservation des produits carnés dont la durée de conservation dépend de : *i*) temps et la température de cuisson; *ii*) nombre initial et type de micro-organisme et *iii*) méthode de cuisson utilisé (Vignolo *et al.*, 2010, Prakash *et al.*, 2015).

Les techniques de cuisson appliquées à la viande crue sont fortement liées à l'origine ethnique, aux habitudes alimentaires et à la tradition. Généralement, les viandes cuites sont des produits prêts à consommer (Vintilă et Turcescu, 2005).

Traditionnellement, les graisses et les huiles sont un moyen souvent utilisé pour prolonger la durée de conservation de la viande cuite. Elles contribuent également pour certains produits à créer des conditions de vide. L'absence d'O₂ dans les produits carnés confits dans les graisses peut retarder les réactions de détérioration oxydative et réduire la croissance des bactéries aérobies (Benanni, 1995, Boudechicha et al., 2017).

Dans cette cinquième catégorie de produits carnés traditionnels nord-africains, 17 produits carnés ethniques ont été énumérés qui sont : 1) *Khliia Ezir*, 2) *Laknaf*, 3) *Osbana*, orthographié aussi *Osbane*, 4) *Bnadek*, 5) *Khlii*, 6) *Kobiba*, 7) *Mcharmila*, connu aussi comme *Kemounia*, 8) *Boubnit*, connu aussi comme *Membar*, 9) *Mkila*, 10) *Tehal* ou *Tehane*, 11) *Banchems*, 12) *Kawareh* ou *H'Rgma*, 13) *Klaya*, 14) *Bekbouka* connu aussi comme *T'qalia* ou *Douara*, 15) *Tangia*, 16) *Mrouzia* et 17) *Cachir* (Gagaoua et Boudechicha, 2018 ; Boudechicha et al., 2018).

3.5.1. *Khliia Ezir* [Produit 16]

Khliia Ezir est un produit carné traditionnel typiquement Algérien préparé et consommé exclusivement dans le Nord-Est de l'Algérie (Tableau 1.1). Il paraît que ce produit carné soit originaire de Turquie, probablement introduit en Algérie entre le XV^{ème} et le XVI^{ème} siècle sous la domination ottomane en Afrique du Nord (Gagaoua et Boudechicha, 2018). L'origine du mot dérive de l'ancien arabe, « *Khliia* » qui correspond à l'étape de stockage dans le mélange d'huile d'olive et de graisse et « *Ezir* » se référant à la jarre en terre cuite ; l'ustensile où la viande est conservée (Boudechicha et al., 2017). *Khliia Ezir* est une viande salée et cuite, préparée à partir de la viande fraîche désossée (bœuf, agneau, chèvre ou dromadaire).

Initialement, *Khliia Ezir* est préparé uniquement pour conserver la viande quand elle est disponible en quantités importantes en particulier durant la fête religieuse de « *Aïd Al Adha* ». Sa préparation reste encore une tradition familiale pratiquée jusqu'à maintenant (Boudechicha, 2014). La préparation traditionnelle qui implique à la fois les étapes d'assaisonnement / marinade et de cuisson / maturation et affinage, fait de *Khliia Ezir* un produit particulier avec des propriétés sensorielles typiques et une longue durée de

conservation; pouvant aller jusqu'à une année à une température ambiante (Figure 1.14) (Boudechicha, 2014 ; Boudechicha *et al.*, 2016 ; 2017).

Khliia Ezir est préparé selon le diagramme traditionnel décrit par Boudechicha *et al.* (2015 ; 2017). Brièvement, la viande maigre désossée (5 - 8 cm de longueur, 4 - 6 cm d'épaisseur) est assaisonnée par un mélange d'épices, comprenant la coriandre, le carvi et l'ail fraîchement moulu. La quantité de sel est d'environ 9% du poids total. La viande enrobée est marinée pendant 7 jours au frais avant d'être cuite à une température moyenne de 80°C dans l'eau. Après cuisson, les morceaux de viande sont immergés dans un mélange de graisse bovine fondue et d'huile d'olive (Figure 1.10A). Le mélange est ensuite conservé dans *Ezir* pendant de nombreux mois à température ambiante (Boudechicha *et al.*, 2015 ; 2017).

Khliia Ezir est un produit carné prêt-à-manger, il est généralement consommé en l'état comme un apéritif avec du pain ou ajouté à des plats traditionnels tels que « *Chakhchoukha* » et « *Aiche* » à base du blé dur (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

3.5.2. *Laknaf* [Produit 17]

Laknaf est un produit carné typiquement Algérien, exclusivement préparé dans les régions Nord-Est, à partir de la viande du bœuf ou d'agneau (Gagaoua et Boudechicha, 2018) (Tableau 1.1). Des morceaux de viande maigre désossée de 5 à 8 cm de longueur et de 4 à 6 cm d'épaisseur sont salés, marinés dans un mélange d'épices pendant 2 jours avant d'être cuits dans l'eau jusqu'à ce que les fibres soient facilement séparables. Les épices d'assaisonnement/marinade se constituent d'ail, de coriandre et du cumin (Figure 1.10B).

Laknaf est un produit carné prêt-à-manger qui est principalement consommé avec du *Sfenj* (un beignet frit), ou ajouté en tant qu'ingrédient à diverses préparations culinaires telles que les lentilles et les pois chiches (Boudechicha, 2014).

3.5.3. *Osmana/Osbane* [Produit 18]

Osmana appelé aussi *Osbane* est l'un des produits carnés les plus populaires prêts à être consommés et préparés durant les mariages et les fêtes (Tableau 1.1). Il est généralement servi avec du couscous ou en sauce (Hadjjat, 1987). *Osmana* est un produit semblable à la saucisse préparé à partir des abats d'agneau (cœur, foie, rate, reins) coupé en petits cubes, assaisonné avec du piment rouge, d'ail, de coriandre, de menthe et du gingembre (Figure 1.10C). Parfois, le riz et les pois chiches sont également inclus dans sa préparation. Le mélange est ensuite

bourré dans l'estomac d'agneau préalablement nettoyé. L'aspect final de l'*Osmana* (Figure 1.14) est similaire à celui de « *Kishka* », qui se réfère à un intestin farci avec un mélange de viande et d'abats (Cassidy et Hall, 1985). La saucisse de « *Kishka* » est populaire dans toute l'Europe de l'Est ainsi que dans les communautés d'immigrants de ces régions (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

3.5.4. *Bnadek* [Produit 19]

Bnadek est une spécialité tunisienne qui est préparée à partir de la viande hachée mélangée avec des épices comme la menthe sèche, la coriandre, l'*H'rissa*, le curcuma et le poivre noir (Tableau 1.1). Le mélange est façonné à la main en boulettes de taille désirée qui sont ensuite frites dans de l'huile d'olive chaude pendant 2 min avec une agitation fréquente (Gagaoua et Boudechicha, 2018). Les boulettes de viande sont ensuite recouvertes d'eau et bouillies pendant moins d'une heure jusqu'à l'évaporation complète de l'eau (Salloum et Lim, 2012) (Figure 1.10D). Les boulettes de viande trempées dans l'huile sont conditionnées dans des bocaux en verre hermétiquement clos et conservés à température ambiante (Figure 1.14).

Bnadek doit sa saveur caractéristique à *H'rissa*, une sauce tunisienne piquante et épicée (Gagaoua et Boudechicha, 2018). *Bnadek* sont servis comme apéritif dans un sandwich ou ajouté à un ragoût ou sauces ou soupes. *Bnadek* est généralement consommé par les populations tunisiennes avec des « *Kafteji* » (légumes frits) connus sous le nom de « *köfteci* » en Turquie ou avec « *Ojja* » (œufs brouillés) (Kraig et Sen, 2013 ; Gagaoua et Boudechicha, 2018).

3.5.5. *Khlii* [Produit 20]

Khlii est un produit carné confit, très populaire au Maroc, préparé à partir des morceaux désossés de viande de bœuf, d'agneau, de chèvre et de dromadaire (Tableau 1.1). Selon Bekerroum (2013), *Khlii* est probablement apporté au Maroc au début du VIII^{ème} siècle par des guerriers arabes lors des expansions islamiques en Andalousie. Le processus de préparation de *Khlii* a été décrit dans des études antérieures (Bennanin 2003 ; Daoudi *et al.*, 2006 ; Benkerroum, 2013). Le diagramme de préparation et l'aspect final de *Khlii* sont donnés respectivement dans la (Figure 1.11E) et la (Figure 1.14).

Traditionnellement, la viande désossée coupée en lanières (5 – 10 cm) est mélangée avec *Sharmula*, qui contient le sel, le vinaigre, le cumin, l'huile, la coriandre et l'ail écrasé. Le mélange est conservé à un endroit frais avec un malaxage occasionnel pendant 24 – 36h. La

viande marinée est suspendue et laissée sécher au soleil (5 – 7 jours). Après séchage, la viande est cuite dans une marmite contenant de l'eau, de la graisse animale et éventuellement de l'huile d'olive avec agitation fréquente jusqu'à l'évaporation complète de l'eau (Benkerroum, 2013 ; Gagaoua et Boudechicha, 2018 ; Boudechicha et al., 2018).

Une fois prêt, trois variantes de *Khlii* peuvent être distinguées. « *Khlii typique* », constitué de lanières de viande entières immergées dans la graisse animale fondue, stockées dans des récipients en verre ou en plastique et conservées à température ambiante. Les petits morceaux de viande et de *Sharmula* obtenus après la cuisson de *Khlii* sont appelés « *Agrish* » qui est l'ingrédient principal des crêpes salées traditionnelles. « *Khlii léger* » qui représente les bandes de viande cuites trempées dans l'huile d'olive comme une alternative à la graisse animale ; est jugé plus sain et peut diminuer les risques des maladies cardiovasculaires.

Quels que soient ses variantes, *Khlii* est un produit carné prêt-à-manger, consommé frit avec des œufs pour le petit déjeuner. Il est également utilisé comme ingrédient dans différents plats traditionnels tels que les soupes, et plus récemment, comme garniture pour la pizza (Smires, 2007). *Khlii* fait maintenant partie du menu de nombreux restaurants marocains servis avec divers *Tajine*. Même si sa préparation reste au niveau des ménages et n'est pas industrialisé, *Khlii* représente le produit carné le plus vendu sur le marché marocain.

3.5.6. *Kobiba* [Produit 21]

Kobiba est un produit carné égyptien (Tableau 1.1). C'est une boulette de viande frite servie principalement avec une sauce à base de lait et de farine ou consommé comme apéritif avec de la salade ou du riz cuit (El-Magoli et Abd-Allah, 2014). *Kobiba* est généralement préparé à partir de la viande bovine ou ovine hachée avec du riz doux ou du « *Burghul* » (semoule de blé), d'oignon et d'ail. Le mélange est ensuite assaisonné avec des pincées de cumin et d'autres épices (Gagaoua et Boudechicha, 2018) (Figure 1.11F). Les boulettes de viande sont frites à feu doux jusqu'à ce qu'elles soient dorées (Figure 1.14).

Kobiba est similaire à *Çiğ köfte*, une boulette de viande traditionnelle turque préparée de la même façon mais consommée sans cuisson (Kilic, 2009). Plusieurs variantes de boulettes de viande similaires à *Kobiba* sont préparées dans de nombreuses régions du monde telles que « *Kebba* », un produit carné traditionnel préparé au Liban et en Syrie (El-Magoli et Abd-Allah, 2014).

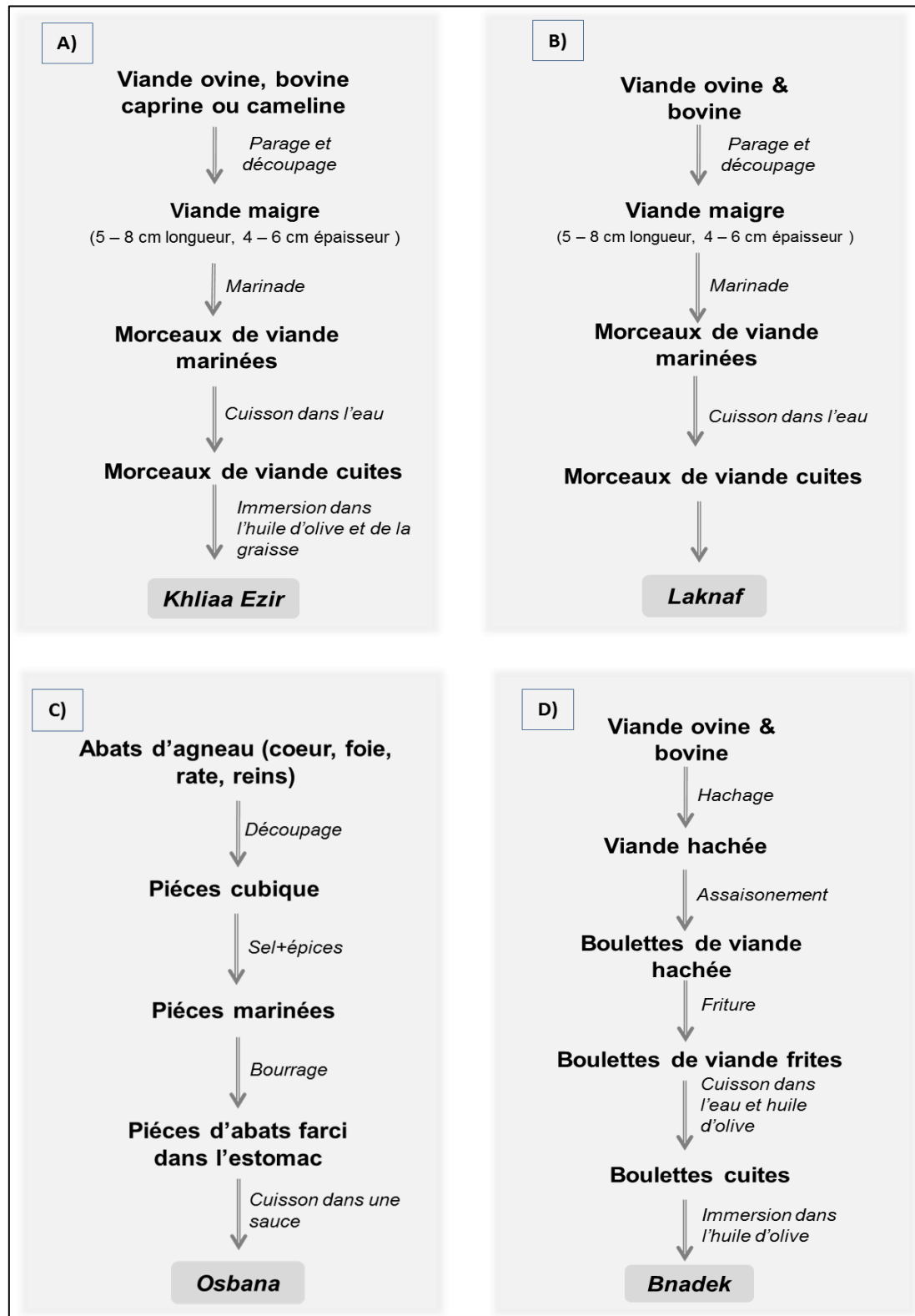


Figure 1.10. Diagrammes de préparation traditionnelle de A) *Khliaa Ezir*; B) *Osbana* ; C) *Laknaf* ; D) *Bnadek*. Ces produits carnés d'origine d'Afrique du Nord sont regroupés dans la catégorie V : Produits carnés cuit et/ou cuit.

3.5.7. *Mcharmila/ Kemounia* [Produit 22]

Mcharmila, également connu sous le nom de *Kemounia*, est l'un des produits carnés les plus populaires préparés lors de la fête religieuse de « *Aïd Al Adha* » en Algérie et au Maroc (Tableau 1.1). *Mcharmila* est un produit carné prêt-à-manger qui est préparé exclusivement à partir du foie (Boudechicha et al., 2018). Après avoir enlevé les vaisseaux sanguins et la petite peau, le foie est coupé en petits morceaux cubiques et mélangé avec du piment rouge, du poivre noir, du cumin et de la coriandre. La tomate écrasée et l'huile d'olive sont ajoutées au mélange. L'ensemble est ensuite couvert et cuit de 20 à 30 minutes (Figure 1.11G).

Mcharmila est principalement préparé à partir du foie d'agneau et de bœuf, les abats de volaille peuvent également être utilisés (Gagaoua et Boudechicha, 2018) (Figure 1.14).

3.5.8. *Boubnit / Membar* [Produit 23]

Boubnit également connu sous le nom de *Membar* selon le pays d'origine, est un produit semblable à la saucisse préparé en utilisant l'intestin de bœuf ou d'agneau (préalablement nettoyé et trempés dans l'eau bouillante) comme boyau naturel (Tableau 1.1). Cependant, ce produit carné varie considérablement d'un pays à l'autre en fonction des ingrédients utilisés et de l'assaisonnement (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

En Algérie, *Boubnit* est un intestin d'agneau ou de bœuf farci avec un mélange de semoule, graisse animale hachée, raisins secs, ail frais moulu, sel, gingembre, coriandre, poivre, piment rouge, huile d'olive et eau (Figure 1.10H). Il est ensuite bouilli dans l'eau avec l'oignon et les épices qui sont généralement les mêmes que ceux utilisés pour l'assaisonnement. Le produit final est tranché et servi seul ou en sauce (Figure 1.13).

En Egypte, l'intestin est farci avec de la viande hachée, sel, oignon haché, menthe fraîche, persil frais, tomate fraîche hachée, riz et quelques épices comme la coriandre, le poivre et le paprika (Figure 1.11H et Figure 1.14). Il est ensuite bouilli dans l'eau pendant une heure. Après cuisson, *Membar* est égoutté et sauté au beurre (El-Magoli et Abd-Allah, 2014).

Dans les deux pays, *Boubnit* ou *Membar* est servi immédiatement et est principalement consommé comme apéritif ou en sauce.

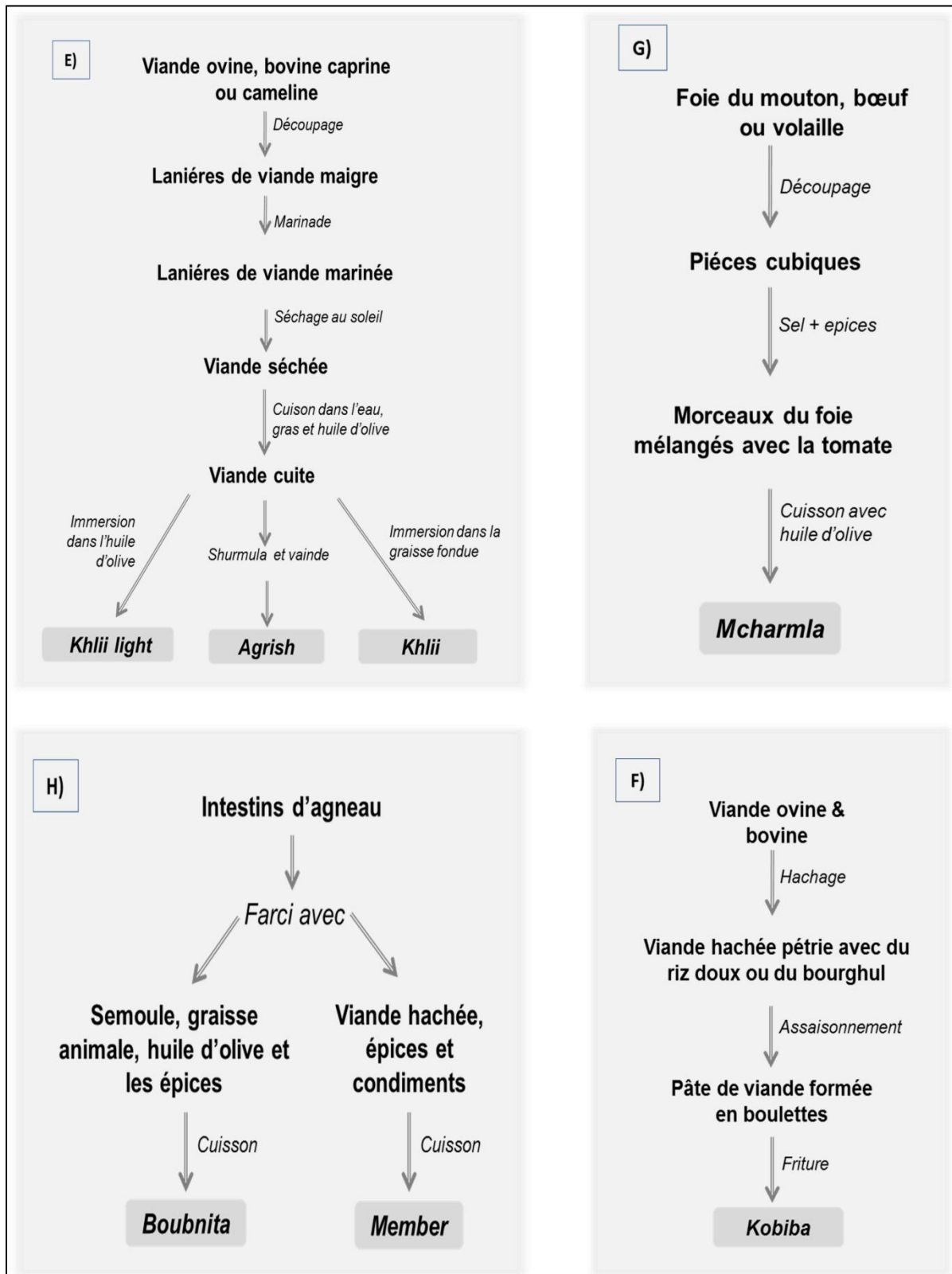


Figure 1.11. Diagrammes de préparation traditionnelle de **E) Khlii**; **F) Kobiba**; **G) Mcharmla** **H) Boubnit/Member**. Ces produits carnés d'origine d'Afrique du Nord sont regroupés dans la *catégorie V* : Produits carnés cuit et/ou cuit.

3.5.9. *Mkila* [Produit 24]

Mkila est l'une des spécialités marocaines les plus connues (Tableau 1.1). Il s'agit de lanières de viande séchées et frites préparées à partir de tous types de viandes rouges (Smires, 2007). A l'origine, le mot *Mkila* dérive du terme « *Makla* » en arabe, qui signifie « poêle à frire », l'ustensile utilisé pour cuire la viande (Benkerroum, 2013).

Le diagramme de préparation et l'aspect final de *Mkila* sont donnés respectivement dans la (Figure 1.12I) et la (Figure 1.14). Pour préparer *Mkila*, les lanières ou les morceaux de viande sont mélangés avec du sel, des épices et de la graisse animale hachée, puis marinées pendant 12h dans un endroit froid avant d'être cuits dans l'eau jusqu'à ce que la viande soit très tendre (Gagaoua et Boudechicha, 2018). Les lanières de viande sont ensuite frites dans de l'huile végétale et de la graisse animale ou éventuellement de l'huile d'olive jusqu'à évaporation complète de l'eau. Le produit final est conditionné avec de l'huile (où il a été cuit) dans des récipients en verre hermétiquement clos et stockés à température ambiante pendant plus d'un an (Benkerroum, 2013).

En fait, *Mkila* est similaire à un produit carné traditionnel turque appelé « *Kavurma* » (Yetim *et al.*, 2006 ; Kilic, 2009). Ces produits sont tous considérés comme des produits carnés prêts à consommer ; au Maroc, *Mkila* est généralement servi avec différents types de Tajine.

3.5.10. *Tehal/Tehane* [Produit 25]

Tehal, appelé aussi *Tehane* est une autre spécialité traditionnelle marocaine (Tableau 1.1). *Tehal* est un mot arabe qui signifie la rate, l'ingrédient principal du produit (Smires, 2007; Benkerroum, 2013). Ainsi, *Tehal* est une rate bovine/ovine farcie avec de la viande hachée, olives, graisse hachée et épices y compris la coriandre, gingembre, ail frais moulu et piment rouge (Figure 1.12J). La rate farcie est principalement cuite dans un four à pain qui confère au produit final une texture douce et crémeuse (Figure 1.14). Pour sa consommation, les tranches de *Tehal* sont grillées et servies dans un sandwich ou avec du riz bouilli (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

3.5.11. *Ban-chems* [Produit 26]

Ban-chems est un produit carné typiquement Libyen (Tableau 1.1). Il est préparé à partir d'abats de bœuf (intestins, foie, poumons, rate et reins) qui sont coupés en petits morceaux

avant d'être mélangés avec de la graisse hachée et des épices (Boudechicha *et al.*, 2018). Les abats et l'estomac préalablement nettoyé sont séchés au soleil séparément. Après séchage, l'estomac est farci avec les morceaux puis cuit. Les boules d'estomac farci sont confites dans la graisse animale fondue (Figure 1.12K). *Ban-chems* est couramment ajouté comme ingrédient dans le couscous ou servi avec des pâtes (Daoudi *et al.*, 2006 ; Benkerroum, 2013).

3.5.12. *Bouzelouf/Zelif/ Kawareh / H'Rgma* [Produit 27]

Bouzelouf est l'un des produits carnés les plus préparés en particulier pendant la fête religieuse de « Aïd Al Adha ». *Bouzelouf* est connu par d'autres noms, tels que *Zelif* (au Maroc); *H'Rgma* ou *Bouzelouf* (en Algérie); *Bouzelouf* (en Tunisie) et *Kawareh* (en Egypte) (Hacherouf, 1993 ; Aubaile-Sallenave, 1996).

Après l'abattage, la tête d'agneau ou de bœuf et les parties inférieures des pattes sont nettoyées, flambées et grattées pour enlever tous les poils puis bouillies dans l'eau pendant 15 minutes afin de faciliter le découpage. Les morceaux de tête et les pattes sont mélangés avec l'oignon, l'ail, la coriandre, le carvi, le piment rouge, le poivre et le persil frais (Hadjjat, 1987). Le mélange est recouvert d'eau et bouilli jusqu'à ce que les os soient faciles à séparer (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

Bouzelouf peut être rôti avec des légumes ou servi avec une sauce (Figure 1.12L). En Egypte, il est consommé comme « *Fettah Kawareh* » (tête et jambes désossés) avec du riz cuit (Figure 1.14). La sauce où il a été cuit peut-être servie comme une soupe connue sous le nom « *Chorbat Kawareh* » qui est consommé principalement en hiver (El-Magoli et Abd-Allah, 2014). Actuellement, *Bouzelouf* fait partie du menu dans de nombreux restaurants populaires en Algérie, notamment dans les localités proches de la région de Constantine.

3.5.13. *Klaya* [Produit 28]

Klaya est un produit carné tunisien prêt-à-consommer qui est préparé à partir de la viande et les abats (Tableau 1.1). Traditionnellement, la viande, le foie, les reins et la graisse sont coupés en petits cubes et bouillis dans l'eau salée (Boudechicha *et al.*, 2018). Après ébullition, les morceaux sont mélangés avec du sel et d'épices avant de les faire frire dans l'huile d'olive en remuant fréquemment jusqu'à l'évaporation complète de l'eau (Aubaile-Sallenave, 1996) (Figure 1.12M).

Klaya peut être consommé immédiatement ou conservé dans des récipients en verre contenant l'huile d'olive (Figure 1.14). *Klaya* est principalement préparé pendant les *Moussems* (les célébrations religieuses annuelles) ou les mariages.

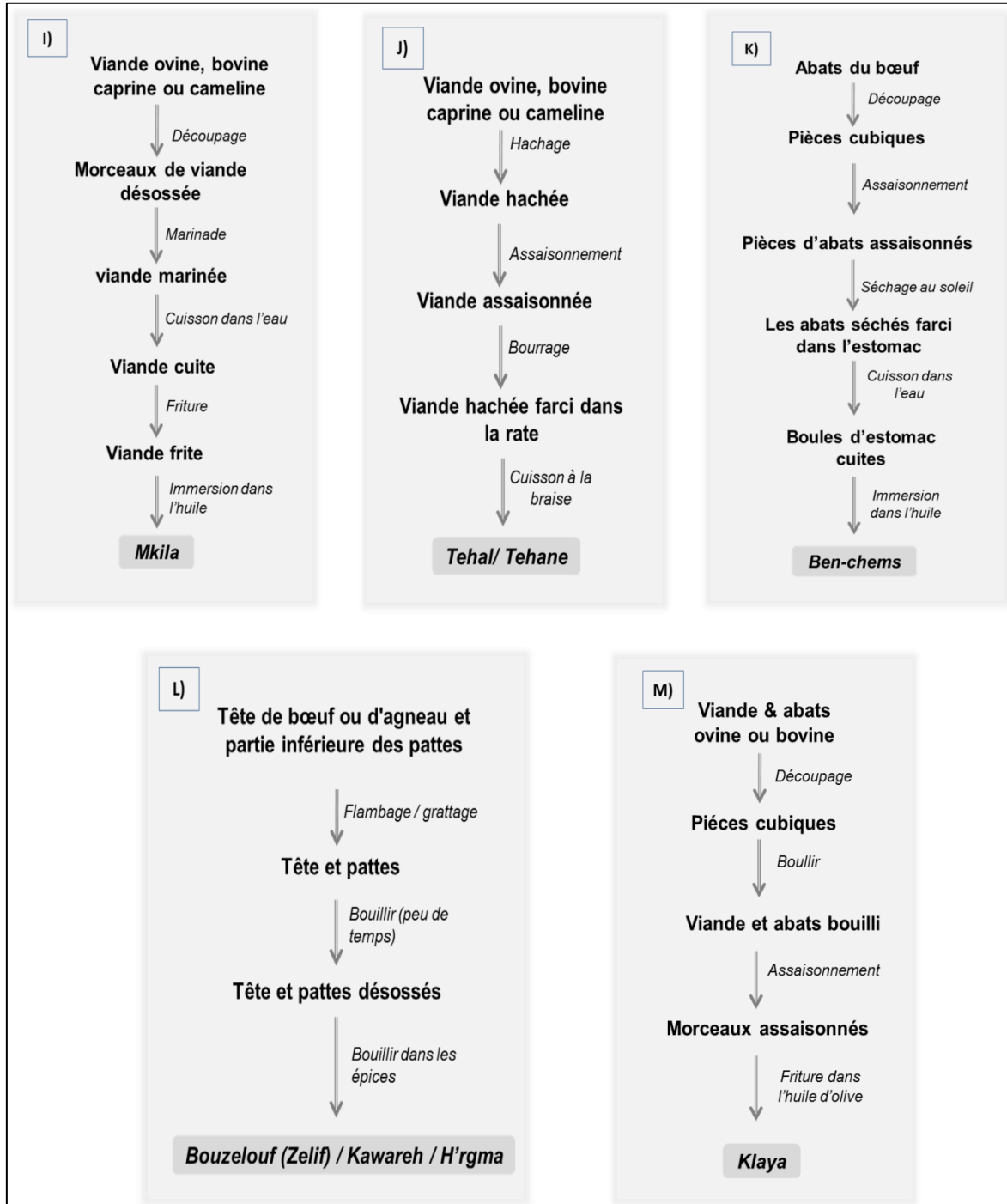


Figure 1.12. Diagrammes de préparation traditionnelle de I) *Mkila*; J) *Tehal* ;K) *Ben-chems* L) *Bouzelouf/Kawareh* ; M) *Klaya*. Ces produits carnés d'origine d'Afrique du Nord sont regroupés dans la catégorie V : Produits carnés cuit et/ou cuit.

3.5.14. *Bekbouka/ T'qalia / Douara* [Produit 29]

Bekbouka est l'un des plats les plus connus dans les pays du Maghreb (Maroc, Algérie et Tunisie), préparé à partir de l'estomac du bœuf ou d'agneau (Tableau 1.1). Après nettoyage, l'estomac est coupé en petits morceaux et mélangé avec du sel, des tomates fraîches, des oignons et des épices (piment rouge piquant, gingembre, coriandre, cumin, poivre et ail). Le mélange est cuit dans l'eau et l'huile d'olive jusqu'à évaporation complète de l'eau (Hadjiat, 1987 ; Aubaile-Sallenave, 1996 ; Smires, 2007) (Figure 1.13N et Figure 1.14).

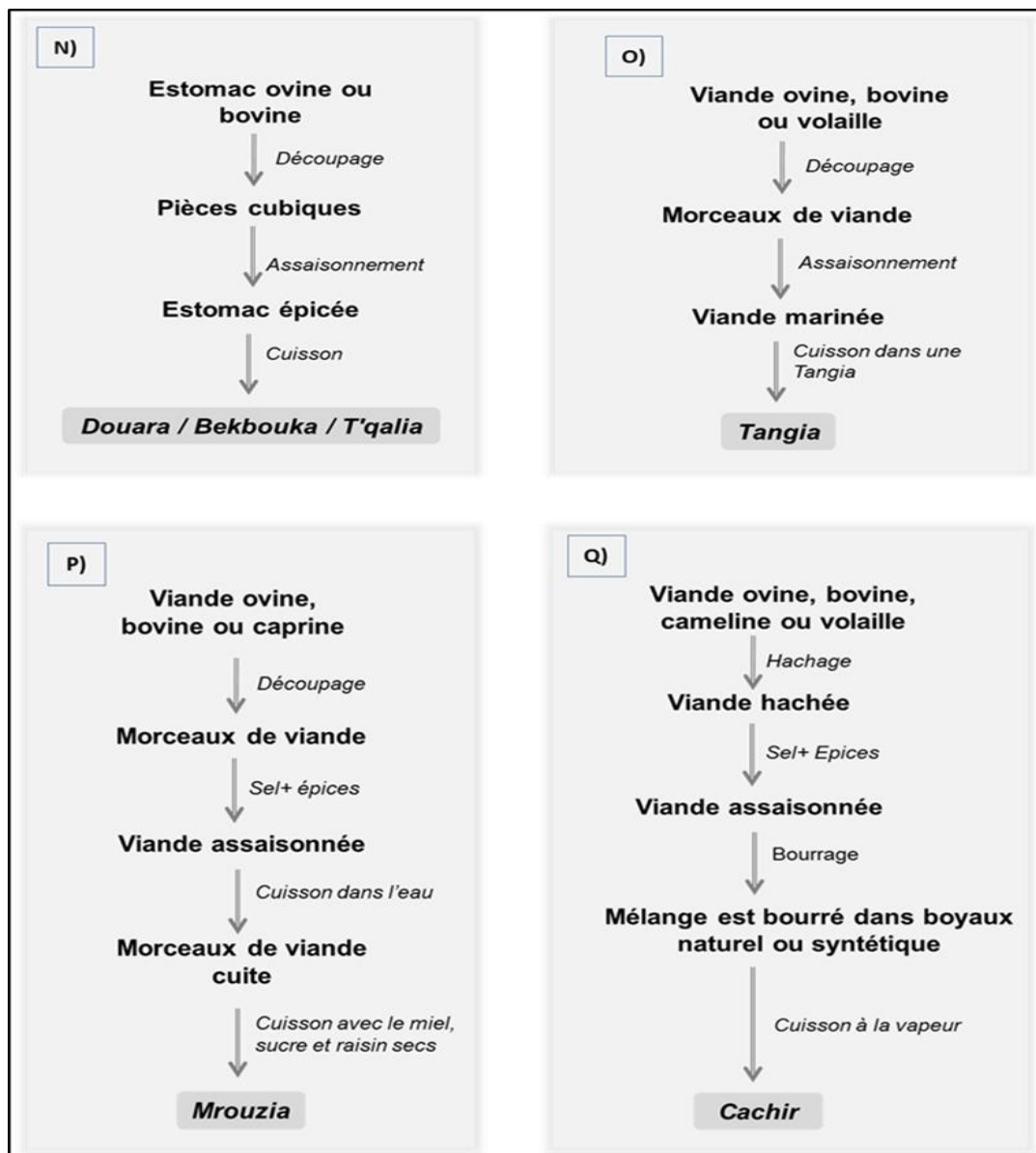


Figure 1.13. Diagrammes de préparation traditionnelle de N) *Douara/Bekbouka*; O) *Tangia* ; P) *Mrouzia* Q) *Cachir*. Ces produits carnés d'origine d'Afrique du Nord sont regroupés dans la catégorie V : Produits carnés cuit et/ou cuit.

Bekbouka est un produit prêt-à-manger consommé à n'importe quel moment de l'année, soit peu après « *Aïd Al Adha* ». Il est également préparé à la veille des mariages par la famille du marié (Gagaoua et Boudechicha, 2018 ; Boudechicha et al., 2018).

3.5.15. *Tangia* [Produit 30]

Tangia, est une spécialité typiquement marocaine, originaire de la ville de Marrakech (Tableau 1.1). C'est une viande cuite lentement et préparée dans une amphore en terre cuite en forme d'urne appelée « *Tangia* » ; d'où le nom du produit (Figure 1.14). Traditionnellement, *Tangia* est cuit dans un four adjacent à un *Hammam*, où il est cuit pendant des heures dans les cendres du feu utilisé pour chauffer le bain (Samrakandi et Carantino, 2009).

Pour préparer *Tangia*, des morceaux entiers de viande sont mélangés avec l'oignon, l'ail, le persil, les épices et le citron confit (Gagaoua et Boudechicha, 2018). La viande épicée est ensuite transférée dans la jarre en terre cuite et recouverte d'un cercle du papier parchemin (une peau d'animal, généralement de mouton, parfois de chèvre ou de veau). La cuisson est très longue, qui dure environ 6 à 7 heures (Figure 1.13O). Ce produit carné traditionnel est habituellement servi comme un plat de famille le vendredi avec une sélection de légumes de saison cuits à la vapeur ainsi que du pain (Smires, 2007 ; Koehler, 2012 ; Gagaoua et Boudechicha, 2018).

3.5.16. *Mrouzia* [Produit 31]

Mrouzia est un produit carné traditionnel sucré et salé (Tableau 1.1). Il est traditionnellement préparé dans les jours suivant « *Aïd Al Adha* » ou pendant le "*Ramadhan*" en raison de sa valeur énergétique élevée (Smires, 2007 ; Gagaoua et Boudechicha, 2018).

Pour la préparation de *Mrouzia*, les morceaux de viande sont mélangés avec du sel et des épices comme « *Ras El Hanout* », le safran, l'ail et l'oignon, puis marinés pendant une nuit avant de les cuire à feu doux, faire tourner les morceaux occasionnellement pour les dorer avant d'ajouter l'eau. Après environ deux heures, des raisins secs égouttés, du miel, du sucre et de la cannelle sont ajoutés (Hal, 2005). Le pot est à nouveau couvert et laissé mijoter pendant 20 à 30 minutes, jusqu'à ce que la sauce soit réduite à une consistance épaisse de sirop.

L'aspect de *Mrouzia* est présenté dans la (Figure 1.14).



Figure 1.14. Aspects de *Khliaa Ezir* ; *Osbana* ; *Bnadek*, *Khlii*, *Kobiba*, *Mcharmila*, *Boubnita*, *Member*, *Mkila*, *Tehal/Tehane*, *Bouzelouf (Zelif)*, *Klaya*, *Douara / Bekbouka / T'qalia* (montrant deux aspects finaux différents), *Tangia*, *Mrouzia*, et *Cachir*. Ces produits carnés d'origine d'Afrique du Nord sont regroupés dans la *catégorie V* : Produits carnés cuits et/ou confits (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

Mrouzia est un produit originaire d'Espagne et il a été préparé pour la première fois en Andalousie, il y a quelques siècles (Samrakandi et Carantino, 2009). En Tunisie, il est préparé de la même manière qu'au Maroc sauf que *Mrouzia* Tunisien contient des pois chiches. Le goût caractéristique de *Mrouzia* est dû au safran et au « *Ras El Hanout* » qui est un mélange d'épices contenant la cardamome, les graines de coriandre, la muscade, la cannelle, le poivre, les clous de girofle, le curcuma, le gingembre et le cumin. Les graines de carvi, du fenouil moulu et d'anis vert peuvent également être utilisées (Gagaoua et Boudechicha, 2018). *Mrouzia* peut être préparé un jour ou deux à l'avance, car les saveurs caractéristiques du produit s'améliorent avec le temps. Le Miel et le sucre jouent un rôle considérable en tant que conservateurs (Boudechicha et al., 2018).

3.5.17. *Cachir* [Produit 32]

Cachir est un produit carné prêt-à-manger qui est couramment préparé et consommé en Algérie (Tableau 1.1). L'étymologie du mot dérivé du mot hébreu « *Kasher* » qui signifie « peut-être consommé selon les lois alimentaires juives ». Historiquement, à partir du 18^{ème} et 19^{ème} siècle et pendant la colonisation française en Algérie, les Juifs algériens utilisent le mot « *Casher* » pour distinguer leurs produits carnés de ceux d'autres charcuteries européennes, qui sont à base du porc (Boudechicha et al., 2018).

Le *Cachir* est une saucisse épicée et cuite. Traditionnellement, il est préparé en mélangeant de la viande hachée du bœuf, du poulet, d'agneau ou du dromadaire avec des œufs, du sel, des épices (paprika, cumin, carvi et poivre noir) et de l'ail frais moulu et des olives vertes dénoyautées (Figure 1.13Q). Le mélange est bourré dans des boyaux (naturels ou synthétiques) qui sont ensuite cuits à la vapeur. Une fois complètement cuit, le boyau est retiré et la saucisse qui est coupée en tranches et servie froide, souvent utilisée pour garnir les sandwiches (Figure 1.14). *Cachir* présente de nombreuses similitudes sensorielles avec la « *Mortadella* » et le « *Luncheon* » (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

Le tableau suivant est un récapitulatif des 32 produits carnés traditionnels listés dans les pays d'Afrique du Nord et de la Méditerranée, regroupés en fonction des méthodes de transformation traditionnelles.

Tableau 1.1. Liste des 32 produits carnés traditionnels des pays d'Afrique du Nord et de la Méditerranée, regroupés en fonction des méthodes de transformation traditionnelles (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

Numéro	Produit carné	Pays	Source animale	Principaux ingrédients	Principales étapes de préparation	Utilisations
I. Produits carnés salés et /ou marinés mais non séchés						
1	<i>Melfouf (Boulfaf/ Zenan)</i>	Algérie Maroc	Ovin Bovin	Sel, poivre, piment rouge piquant	Parage, Découpage, Assaisonnement, Grillade	Produit carné prêt-à-manger préparé pendant la fête religieuse « <i>Aïd Al Adha</i> », consommé avec du pain.
2	<i>Merguez</i>	Algérie Tunisie Maroc	Ovin Bovin, Volaille	Sel Epices	Hachage Malaxage Bourrage	Habituellement frits ou grillés pour préparer des sandwichs. Il peut être ajouté comme ingrédient dans le "couscous" traditionnel.
3	<i>Kofta , Kufta (Kabab), Kefta</i>	Egypte Lybie Tunisie Algérie Maroc	Ovin Bovin, Volaille	Sel, épices (coriandre, carvi, curcumin, poivre), oignon moulu, ail écrasé, persil haché, huile d'olive	Hachage, Assaisonnement Grillade Rôtissage	Servi immédiatement avec du pain <i>pita</i> , du <i>Tahini</i> (sauce) ou du riz.
II- Produits carné séchés non fermentés						
4	<i>Guedid (Kadid/ Achedlouh)</i>	Algérie Tunisie Maroc	Ovin Bovin Caprin Camelin	Sel	Découpage Salage Séchage au soleil	Utilisé comme ingrédient dans divers plats traditionnels préparés en hiver (couscous, soupe de légumineuses, <i>Aiche</i> et <i>Avissar</i> en Kabylie).
5	<i>Guedid épicé</i>	Algérie Tunisie Maroc	Ovin Bovin Caprin, Camelin	Sel, épices (piment rouge, menthe, coriandre), ail frais	Découpage Salage Assaisonnement Séchage au soleil	

6	<i>El m'selli</i>	Algérie	Ovin Bovin	Sel, Poivre, Ail frais, Piment rouge, Coriandre	Découpe Assaisonnement, Séchage Immersion dans la graisse bovine fondue	Consommé avec un ragoût / sauce
7	<i>Kourdass</i>	Algérie Maroc	Ovin	Sel, Cumin, Piment rouge piquant, Ail, Poivre	Découpage Assaisonnement, Bourrage, Séchage au soleil	Préparé durant <i>Moussems</i> (des célébrations religieuses annuelles) avec des plats traditionnels.
8	<i>Tidkit</i>	Maroc	Ovin Bovin Camelin	Sel Epices	Assaisonnement Séchage au soleil Broyage	Utilisé pour préparer des soupes et sauces
III- Produits carnés fermentés partiellement-séchés / séchés						
9	<i>Soudjouk, Sucuk, Nakanek</i>	Egypte	Ovin Bovin Camelin	Sel, Epices	Hachage, Malaxage, Bourrage, Fermentation et Affinage	Consommé au petit-déjeuner en tranches (avec des œufs ou du fromage) ou utilisé comme garniture de sandwichs et pizzas.
10	<i>Boubnita</i>	Maroc	Ovin	Sel, Epices	Découpage Assaisonnement Séchage, Fermentation	Consommé en sauce avec des légumes ou avec des pâtes
11	<i>Pastirma (Basturma)</i>	Egypte	Ovin, Bovin Caprin Camelin	Sel, <i>Çemen</i> (ail fraîchement moulu, fenugrec, paprika, moutarde, eau, cumin et coriandre)	Parage, Découpage, Assaisonnement, Pression Séchage	Consommé avec des œufs bouillés, il peut être coupé en tranches et frit ou grillé, il peut également être utilisé comme une garniture de pizza et des sandwichs.

IV- Produits carnés fumés

12	<i>Fregate</i>	Algérie	Camelin	Sel, épices et condiments (oignon, ail, coriandre, piment rouge)	Découpage, Salage, séchage au soleil, Fumage	Consommé avec du pain traditionnel <i>Mella</i>
13	<i>Bourdim/ Merdouma/Mandi</i>	Egypte Libye, Algérie	Ovin Bovin Caprin Camelin Volaille	Sel Epices	Assaisonnement, Fumage	Considéré comme le plat principal servi lors d'événements spéciaux, tels que: mariages et fêtes. Il est généralement servi avec du riz.
14	<i>Tarfa-gara</i>	Algérie	Ovin Camelin	Sel Epices	Découpage, Assaisonnement, Fumage	Consommé après la chasse par les <i>Bédouins</i>
15	<i>Maynama</i>	Algérie	Ovin Bovin Caprin Camelin	Sel Epices	Assaisonnement, Fumage	
V. Produits de viande cuits et/ou confits						
16	<i>Khliaa Ezir</i>	Algérie	Ovin, Bovin Caprin Camelin	Sel, Coriandre, Carvi, Ail frais, Huile d'olive, Graisse animale	Parage, Découpage, Marinade, Cuisson, Conservation et Affinage dans une jarre en terre cuite	Consommé en l'état comme produit de grignotage seul ou avec le pain. Il peut être mangé en ragoût, ou bien grillé. Il assaisonne plusieurs plats traditionnels
17	<i>Laknaf</i>	Algérie	Ovin Bovin	Sel, Ail frais, Cumin, Coriandre	Parage Découpage Marinade Cuisson	Consommé avec <i>Sfenj</i> (beignet frit), ou ajouté comme ingrédient à diverses préparations culinaires telles que les lentilles ou les pois chiches.

18	<i>Osbana (Osbane)</i>	Algérie Tunisie Lybie Maroc	Ovin	Sel, Epices (piment rouge, ail, coriandre, menthe, gingembre), Riz et Pois chiches	Découpage Assaisonnement Bourrage Cuisson	Servi avec du couscous ou en sauce
19	<i>Bnadek</i>	Tunisie	Ovin Bovin	Sel, Menthe sèche, Coriandre, <i>H'rissa</i> (sauce piquante), Curcuma, Poivre	Hachage Malaxage Cuisson	Consommé comme un apéritif ou ajouté dans un ragoût / sauce ou soupes
20	<i>Khlii</i>	Maroc	Ovin Bovin Caprin Camelin	Sel, Vinaigre, Cumin, Huile, Coriandre, Ail moulu	Parage Découpage Assaisonnement Séchage Cuisson Conditionnement	Consommé comme un apéritif, il peut être frit avec des œufs pour le petit déjeuner. Il peut être utilisé comme ingrédient dans différents plats traditionnels tels que les soupes, tajines et couscous ou, plus récemment, comme garniture pour pizza.
21	<i>Kobiba</i>	Egypte	Ovin Bovin	Sel, Epices et condiments	Hachage, Malaxage, Friture	Comme entrées avec la salade ou de riz
22	<i>Mcharmila</i>	Algérie Maroc	Ovin Bovin Volaille	Sel, Epices (piment rouge, poivre noir, cumin, coriandre), Huile d'olive, Tomate écrasée	Découpage Assaisonnement Cuisson	Servi pendant « <i>Aid Al Adha</i> ». Il est très populaire en Algérie où il est consommé à tout moment de l'année.
23	<i>Boubnit / Membar</i>	Algérie Egypte	Ovin	Sel, Epices	Découpage Assaisonnement Cuisson	Consommé comme apéritif ou en sauce
24	<i>Mkila</i>	Maroc	Ovin Bovin Caprin Camelin	Sel, Epices (coriandre, gingembre, écrasé, poivre, curcumine), ail frais	Découpage Assaisonnement Cuisson Friture	Servi avec Tajine

25	<i>Tehal/tehane</i>	Maroc	Ovin Bovin Caprin Camelin	Sel, Epices (coriandre, gingembre, piment rouge piquant), Ail écrasé	Assaisonnement Bourrage Cuisson	<i>Tehal</i> en tranches peut être grillé et servi dans un sandwich ou avec du riz.
26	<i>Ban-chems</i>	Libye	Ovin Bovin	Sel, Epices	Découpage, Bourrage, Séchage Cuisson	Ajouté comme ingrédient dans le couscous ou servi avec des pâtes.
27	<i>Bouzelouf (Zelif) Kawareh/h'rgma</i>	Algérie Maroc Tunisie Egypte	Ovin Bovin	Sel, Epices	Découpage Cuisson	Habituellement consommé en sauce lors de la fête religieuse « <i>Aïd Al Adha</i> » et les mariages. Parfois et pendant l'hiver, comme une soupe connue sous le nom de <i>Chourbet Kawareh</i> .
28	<i>Klaya</i>	Tunisie	Ovin Bovin	Sel, Epices, Huile d'olive	Découpage, Cuisson, Friture	Préparé pendant <i>Moussems</i> (des célébrations religieuses annuelles) ou des mariages.
29	<i>Bekbouka/ T'qalia/Douara/</i>	Algérie Tunisie Maroc	Ovin Bovin	Sel, Epices	Découpage, Cuisson	Consommé le plus souvent après « <i>Aïd Al Adha</i> ». Il est également préparé à la veille des mariages par la famille du marié.
30	<i>Tangia</i>	Maroc	Ovin Bovin	Sel, Epices, Huile d'olive	Découpage, Assaisonnement, Cuisson	Préparé dans les braises du four à bois d'un hammam traditionnel. servi avec une sélection de légumes de saison cuits à la vapeur ainsi que du pain.
31	<i>Mrouzia</i>	Maroc, Tunisie	Ovin Bovin Caprin	Sel, Epices, Sucre et Miel	Découpage, Assaisonnement, Cuisson	Préparé principalement après « <i>Aïd Al Adha</i> » et est consommé avec du pain
32	<i>Cachir</i>	Algérie,	Ovin Bovin Caprin Camelin	Sel, Epices, Olives	Hachage Malaxage Cuisson à la vapeur	Consommé comme un apéritif avec de la salade et utilisé pour garnir les sandwiches.

4. Aspects microbiologiques des produits carnés traditionnels d'Afrique du nord et les risques potentiels associés

Dans les pays d'Afrique du Nord, la conservation traditionnelle de la viande repose exclusivement sur des techniques naturelles (fermentation, déshydratation, pression osmotique élevée et/ou chauffage) afin d'inhiber la croissance de bactéries indésirables et fournir des aliments sains et stables. La contribution de ces produits à la sécurité alimentaire, dans les pays d'Afrique du Nord, est indéniablement due à leur disponibilité, à une valeur nutritive élevée et à des propriétés bénéfiques pour la santé (Anukam et Reid 2009; Peres et al., 2012). Cependant, leur qualité hygiénique est très variable en fonction de nombreux facteurs, à savoir la qualité microbiologique des matières premières et des ingrédients, ainsi que les conditions sanitaires lors de la fabrication, l'emballage et le stockage. Ils peuvent donc compromettre la santé du consommateur. En effet, la contamination de ces produits par des agents pathogènes et / ou des toxines microbiennes est bien documentée (Yetim, 2006 ; Malti et Amarouch, 2008 ; Fernandes, 2009 ; Zukál, 2010 ; Çakıcı et al., 2015). En effet, Les produits carnés traditionnels ont été associés à des maladies infectieuses et à des intoxications (Cosivi et al., 1998 ; Belomaria et al., 2007 ; Bendahou et al., 2008) ou à d'autres agents pathogènes qui peuvent nuire la sécurité hygiénique des produits finis (Paramithiotis et al., 2012).

Quelle que soit l'origine des aliments traditionnels (végétaux ou animaux), la matière première utilisée pour leur fabrication est riche en nutriments et fournit un environnement adéquat pour la croissance de divers micro-organismes, y compris ceux qui favorisent la détérioration du produit fini (Benkerroum, 2013). De plus, la matière première contient généralement une flore microbienne abondante et complexe dont les groupes microbiens pourraient se développer et entrer en compétition pour les nutriments. Pour cela, l'objectif principal de la conservation est la modification des paramètres écologiques de la matière première de manière à sélectionner des groupes spécifiques de micro-organismes bénéfiques qui peuvent éventuellement prédominer le milieu sans nuire la qualité hygiénique (Steinkraus 2002).

Les produits traditionnels peuvent être considérés comme sains tout en ayant les qualités hygiéniques, nutritionnelles et gustatives désirées et uniques. De plus, certaines méthodes traditionnelles visent à inhiber ou à inactiver les microorganismes qui sont présents initialement dans les matières premières pour permettre le moins de changements

microbiologiques pendant le stockage, en prolongeant ainsi la durée de conservation des aliments aussi longtemps que possible. Ceci est généralement réalisé par un traitement thermique (blanchiment, ébullition), une déshydratation et/ou une concentration élevée en sel ou en sucre. Néanmoins, la survie ou l'adaptation de souches microbiennes pathogènes à des conditions extrêmes est bien documentée (Beales 2004; Allen *et al.*, 2007) ; et par conséquent, les produits finis peuvent provoquer un risque pour les consommateurs.

4.1. Evolution de la microflore et la dégradation de la viande fraîche

La viande est considérée comme un aliment de choix en raison de sa haute valeur nutritive. Sa richesse en protéines et la nature de celles-ci en font un aliment indispensable pour une ration alimentaire équilibrée. Cependant, en raison même de ses qualités nutritionnelles, la viande constitue également un milieu très favorable à la croissance de la plupart des microorganismes (Dennai *et al.*, 2001 ; Cartier, 2007; Biswas *et al.*, 2011 ; Kpodékon *et al.*, 2013).

Les microorganismes indicateurs de l'hygiène sont généralement utilisés pour examiner l'existence de contamination et assurent l'efficacité du procédé de transformation utilisé (Jay, 2000). Les microorganismes indicateurs sont des groupes ou espèces bactériennes dont la présence dans la viande au-delà d'une certaine concentration est considérée comme des révélateurs de mauvaises conditions de préparation, d'emballage, de transport ou de stockage. Ils sont d'une grande importance dans la détermination de la qualité hygiénique des produits carnés. La flore mésophile aérobie total (FTAM), les bactéries lactiques, les halophiles, la flore fongique (les levures et les moisissures), les coliformes (fécaux et totaux), les germes pathogènes sont les principaux microorganismes d'altération de la viande (Dachy, 1993 ; Hinton *et al.*, 1998).

L'altération de la viande peut être considérée comme un phénomène écologique qui comprend les changements au niveau des substrats disponibles durant la prolifération de la flore microbienne de la viande au cours de la conservation. Elle est essentiellement due aux activités des enzymes protéolytiques et lipolytiques d'origine microbienne (Genot, 2000 ; Koutsoumanis et Sofos, 2004 ; Nychas *et al.*, 2008).

Les altérations microbiennes provoquent une dépréciation des qualités organoleptiques (odeurs anormales diverses, modifications de la couleur, de la consistance et éventuellement de la texture) et sanitaire de la viande (Jeantet *et al.*, 2006 ; Ray et Bhunia, 2008). Parfois

l'altération microbienne des viandes et recherchée ; c'est le cas des produits fermentés (Muthukumarasamy et Holley, 2006). La protéolyse se produisant pendant les différentes étapes de stockage est extrêmement importante pour le développement des attributs finaux de texture et de goût/saveur, dû à la formation de petits composants, principalement les polypeptides, les peptides, les acides aminés et les amines, connus sous le nom instigateurs de goût et précurseurs de saveur (Roseiro et al., 2008). Aussi la production de bactériocines joue un rôle antimicrobien (bactéricide ou bactériostatique) contre des microorganismes pathogènes (Holzapfel, 1998 ; Budde et al, 2003 ; Drosinos et al., 2008).

4.2. Microflore des produits carnés traditionnels des pays de l'Afrique du nord

La sécurité hygiénique des produits carnés dépend de nombreux facteurs, qui sont principalement liés à la qualité microbiologique initiale de la viande et des ingrédients utilisés, les conditions sanitaires durant la manutention, la transformation et le stockage, ainsi que les techniques de conservation employées. En Afrique du Nord, la viande crue et les abats utilisés pour préparer les produits carnés traditionnels sont généralement contaminés par des micro-organismes ayant une importance hygiénique. À cet égard, une étude menée par Cohen et al. (2006) sur le bœuf, l'agneau et les abats de bœuf commercialisés dans la ville de Casablanca (Maroc) a montré que ces produits étaient fortement contaminés. Les staphylocoques pathogènes et les *Clostridium perfringens* ont été détectés à des taux relativement élevés. Une étude similaire sur le bœuf haché commercialisée dans la ville de Fès (Maroc), réalisée par Oumokhtar et al. (2008), a également démontré la mauvaise qualité sanitaire du produit.

Compte tenu de la mauvaise qualité hygiénique de la viande crue, de nombreuses méthodes de transformation peuvent être utilisées et qui agissent en synergie, pour garantir un degré de qualité hygiénique relativement satisfaisante. En effet, presque toutes les techniques traditionnelles de transformation de la viande dans les pays d'Afrique du Nord associent le salage, l'addition d'herbes et d'épices, le séchage et la cuisson et parfois le fumage, en particulier lorsque la durée de conservation et le degré de sécurité sont recherchés. Des conditions moins rigoureuses sont utilisées lorsqu'un produit n'est pas destiné à une période de conservation prolongée et est cuit avant sa consommation, comme le cas de *Merguez* et *Tehal*. Dans les produits carnés séchés et/ou fermentés, tels que le *Sujuk*, le *Guedid*, le *Kourdass* et le *Pastirma*, le salage, le séchage et l'addition des herbes et d'épices sont les principaux paramètres utilisés pour garantir leur sécurité et leur stabilité. En outre, Le salage et/ou le

séchage réduisent l'activité de l'eau à des niveaux inférieurs à 0,86 où aucune bactérie pathogène ne peut se développer (Jay 1986; Barbosa-Cánovas et al., 2003). Tandis que, les épices inhibent des microorganismes spécifiques y compris les bactéries, les moisissures, les protozoaires et les virus (Farag et al., 1989; El-Khateib, 1997; Cowan, 1999; Daferera et al., 2000). De plus, une diminution du pH à environ 5,5 à la première phase de maturation stimule la croissance des bactéries lactiques, qui, à son tour, inhibe davantage les micro-organismes indésirables par des interactions antibiotiques. A cet égard, Ben Belgacem et al. (2008) ont noté une présence massive d'entérocoques producteurs de bactériocines dans le *Guedid* tunisien. L'effet protecteur des bactériocines dans les produits carnés a été démontré par Benkerroum et al. (2003b, 2005). En plus de ces conditions, dans certains produits carnés traditionnels d'Afrique du Nord, tels que les *Khlii* marocain et les *Ban-shems* libyen, la cuisson lors de la fabrication inactivent les agents pathogènes ou les toxines présentes dans la viande ou dans les abats utilisés pour leur préparation.

Les produits carnés traditionnels d'Afrique du Nord peuvent être divisés en trois groupes selon la teneur en humidité du produit fini, tels que définis par Marshall et Bal'a (1998) et Leistner (2000b) en : (i) produits carnés secs (<15% d'humidité) tels que *Guedid*, *Kourdass*, *Khlii* et *Ban-shems*, (ii) produits carnés à humidité intermédiaire (15% à 50% d'humidité) généralement représenté par *Pastirma* et certains types de *Sujuk*, et (iii) produits à base de viande fraîche (> 50% d'humidité), notamment les *Merguez*, *Kofta* et *Tehal*.

En raison de leur faible teneur en humidité et/ou de leur forte teneur en sel, les 2 premiers groupes sont généralement considérés comme sains sur le plan microbiologique et peuvent être consommés tels quels ou après avoir été légèrement cuits; ceux-ci comprennent le *Khlii*, certains types de *Sujuk* et les *Pastirma*. Certaines études ont corroboré une telle hypothèse, montrant que les dénombrements microbiologiques sont dominées par les bactéries lactiques et que certains agents pathogènes ne se développent pas ou ne survivent pas dans ces produits (El-Khateib 1997; Bennani et al., 2000; Huang et Nip 2001; Kalalou et al., 2003). El-Khateib (1997) a montré que le nombre d'*Enterobacteriaceae*, de levures et de moisissures était inférieur à 100 UFC / g dans 50 échantillons de *Pastirma* égyptienne, également exempte de *Salmonella*. En fait, L'absence de *Salmonella* s'explique par l'effet inhibiteur de la pâte d'épices (*çemen*) utilisée pour couvrir *Pastirma*. De plus, il a été démontré que la réduction la plus significative des germes pathogènes était enregistrée après le séchage, que les cultures protectrices soient présentes ou non (Aksu et al., 2008). Des résultats similaires ont été

rapportés pour le *Guedid* marocain où le nombre des coliformes et de staphylocoques a diminué de façon significative après la maturation pour atteindre un niveau indétectable (Kalalou et al., 2003). En fait, la forte diminution de la population microbienne de *Guedid* était parallèle à la diminution de l'activité de l'eau (aw) jusqu'à une valeur finale de 0,66. De plus, ni *Salmonella* ni *Clostridium* n'ont été détectées dans des échantillons de *Guedid* fabriqués au laboratoire ou commercialisés (Bennani et al., 1995; Bennani et al., 2000). Il a été démontré que l'application de marinade acide sur la viande avant le séchage améliore considérablement la qualité microbiologique du produit fini (Nummer et al., 2004). En revanche, les produits carnés traditionnels frais (> 20% d'humidité) sont généralement fortement contaminés par les micro-organismes l'altération. Ils présentent donc un risque plus élevé pour les consommateurs que leurs homologues secs ou à humidité intermédiaire. Cependant, ce risque peut être réduit à la consommation, car ces produits sont cuits ou grillés avant consommation.

Les mycotoxines sont des contaminants d'origine microbienne. La présence de moisissures dans la viande et les produits carnés est bien documentée et, dans certaines conditions, ils peuvent produire des mycotoxines (Sweeney et Dobson, 1998). Les moisissures se développent généralement sur les produits carnés secs ou à humidité intermédiaire pendant les premiers jours de séchage, surtout si le processus de séchage est lent ou si l'humidité relative dans l'atmosphère est élevée. Ils peuvent également se développer dans le produit fini si les conditions de stockage ne sont pas adéquates (Jay et al., 2000 ; Nychas et al., 2008). Une étude sur la mycologie de *Pastirma* a révélé la prédominance d'espèces appartenant aux genres *Penicillium* et *Aspergillus* (Abdel-Rahman et al. 1984). Ces genres sont bien connus pour leur capacité à produire des mycotoxines (Sweeney et Dobson, 1998). Une étude sur *Pastirma* égyptienne a montré que le nombre de moisissures varie de 103 à 106 UFC / g en été et de 102 à 105 UFC / g en hiver, et que les genres prédominants étaient *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Fusarium* et *Cladosporium* dans le produit fini (Refai et al., 2004).

5. Conclusions bibliographiques

Cette synthèse est en partie une traduction de la revue systématique récemment publiée dans *Journal of Ethnic Foods* (2018), 5, 83 – 98 DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.jef.2018.02.004> sur les produits carnés traditionnels des pays d'Afrique du Nord. Elle a fait aussi l'objet d'une deuxième publication dans la revue viandes et produits carnés.

Les produits carnés traditionnels constituent pour les habitants des pays d'Afrique du Nord l'un des anciens patrimoines culturels. Au fil des années, les peuples de ces pays ont consommé de nombreux produits carnés de telle sorte que leurs pratiques de préparation peuvent augmenter la durée de conservation et améliorer la saveur et la qualité nutritionnelle des produits. Dans cette région, les produits carnés ethniques sont préparés en utilisant différentes espèces bouchères, exclusivement abattues selon le rituel *halal*, pour être consommés lors d'événements locaux, de fêtes de famille ou de cérémonies religieuses. Pour la première fois, 32 produits carnés ethniques ont été synthétisés et leurs diagrammes de préparation ont été identifiés. Les 32 produits ont par la suite fait l'objet d'une classification originale en 5 catégories en fonction des techniques de préparation utilisées et de leurs aspects.

Dans les cinq pays d'Afrique du Nord : Maroc, Algérie, Tunisie, Libye et Egypte, les produits carnés ne sont pas bien valorisés et très peu de connaissances sont disponibles à leur sujet. De plus, la faible commercialisation pour la plupart des produits carnés nord-africains et la décadence progressive des pratiques traditionnelles dues à la mondialisation ont conduit à l'extinction de nombreux produits carnés ethniques. Ainsi, il est important de prendre en compte les connaissances du patrimoine culinaire et les pratiques ancestrales de préparation des aliments, et la valeur nutritionnelle ainsi que les aspects bénéfiques que ces produits peuvent procurer.

En Algérie, particulièrement, nous ne connaissons qu'une description globale de certains de nos produits carnés traditionnels, dont *Khliia Ezir*. Une recherche scientifique approfondie doit se faire afin de les caractérisés. Dans notre travail, nous sommes appelés à faire ressortir avec des méthodes maîtrisées; l'ensemble des informations liées à *Khliia Ezir*. Pour cela, notre étude s'attache à faire un point précis sur son procédé de fabrication, en faisant un focus sur les caractéristiques physicochimiques, les qualités microbiologiques, la protéolyse et l'évolution des propriétés sensorielles, notamment la texture. La recherche des divers groupes d'information précités est abordée dans la partie qui suit.

Démarche expérimentale

Objectifs de la thèse

Dans l'optique de valoriser le produit carné de terroir « *Khliaa Ezir* », la présente thèse s'est focalisée principalement sur la caractérisation de ses propriétés technologiques et son acceptabilité autant sur le plan sensoriel que nutritionnel.

L'étude expérimentale de notre thèse comprend cinq axes (Figure 2.1) porte sur les objectifs suivants :

- i.* Valider la relation entre les caractéristiques physicochimiques et la qualité sensorielle de *Khliaa Ezir* ;
- ii.* Tenter à travers une approche protéomique de comprendre les mécanismes qui régissent le déterminisme des qualités physicochimiques et sensorielles de *Khliaa Ezir*, en particulier le pH, la couleur et/ou la tendreté ;
- iii.* Connaître l'écosystème microbien du *Khliaa Ezir* par une identification des différentes flores microbiennes responsables de l'apparition des différents arômes caractéristiques et contribuent à la conservation du produit ;
- iv.* Expliquer par une étude structurale et ultra-structurale la tendreté et autres attributs sensoriels de *Khliaa Ezir* ;
- v.* Déceler les relations entre l'étude structurale et protéomique pour décrire et proposer les mécanismes et /ou les facteurs qui se mettent en place lors de la préparation et la conservation et qui sont impliqués dans le développement de la qualité finale de *Khliaa Ezir* ;
- vi.* Etablir la fiche technique descriptive détaillée du produit carné traditionnel Algérien *Khliaa Ezir*.

Le diagramme suivi dans la préparation de *Khliaa Ezir* est déduit des résultats d'enquête sur le produit carné dans la zone Est de l'Algérie (Boudechicha et al., 2015). Nous aborderons dans ce qui suit la méthodologie adoptée pour la caractérisation de *Khliaa Ezir* de la matière première au produit fini durant les différentes étapes de préparation à savoir : le salage, la marinade, la cuisson et la conservation et l'affinage.

La figure suivante représente un schéma récapitulatif illustrant les différentes parties de la thèse et la démarche expérimentale suivie.

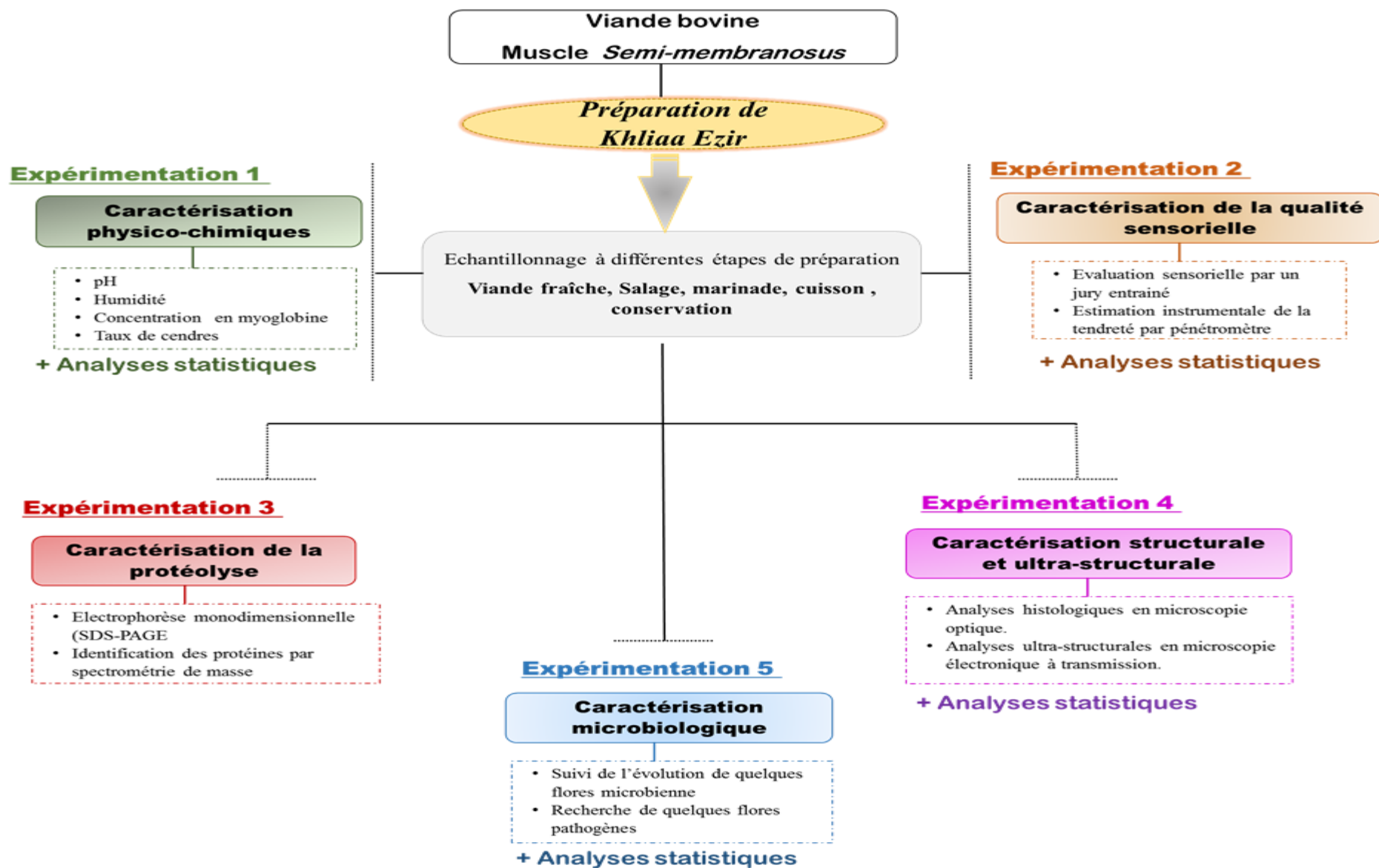


Figure 2.1. Démarche expérimentale adoptée pour la caractérisation de *Khliaa Ezir*

Ce travail de thèse requérait la préparation d'un grand nombre d'échantillons de *Khliaa Ezir* parfaitement conditionnés en température, en teneurs en sel et en eau, en fonction de valeurs prédéfinies et établir les mêmes conditions des différentes étapes de fabrication de façon à avoir des lots homogènes. Dans cette optique, vingt et deux (22) fabrications contrôlées de *Khliaa Ezir* ont servi à la caractérisation physicochimique, microbiologique et sensorielle. Quatre d'entre elles ont servi à une caractérisation plus poussée (suivi de la protéolyse, caractérisation histologique et ultra-structurale) afin d'apporter le maximum d'informations sur l'évolution des caractéristiques biochimiques et organoleptiques du *Khliaa Ezir* durant les différentes étapes de la fabrication et de la conservation-affinage.

1. Préparation de *Khliaa Ezir* et échantillonnage

1.1. Matériel biologique

Les morceaux de la viande bovine utilisés pour la préparation de *Khliaa Ezir* proviennent du muscle *Semi-membranosus* (au niveau de la cuisse, la loge postérieure) à 48 h *post-mortem* d'un mâle charolais âgé d'un an. La viande a été approvisionnée chez le même boucher dans la commune d'El Khroub willaya de Constantine.

1.2. Ingrédients et matériels utilisés

1.2.1. Sel

Le sel utilisé est un sel iodé de table, de granulométrie fine, produit par l'Entreprise Nationale Algérienne du sel (ENA sel), et commercialisé en sachet de 1kg.

1.2.2. Coriandre

La coriandre (*Coriandrum sativum*) utilisée pour la préparation de *Khliaa Ezir* est achetée du commerce sous forme déshydratée, finement moulue.

1.2.3. Carvi

Le carvi (*Carum carvi*) utilisé provient du commerce sous forme déshydraté, finement pilé et tamisé.

1.2.4. Ail

L'ail (*Allium sativum*) est très apprécié pour le goût qu'il confère au *Khliaa Ezir*. Nous l'avons utilisé fraîchement et finement haché et a été acheté directement chez un marchand.

1.2.5. Graisse animale

La graisse utilisée dans la préparation de *Khliia Ezir* est d'origine ovine et a été gracieusement offerte par le même boucher. C'est bien les graisses entourant les rognons qui ont été utilisées.

1.2.6. Huile d'olive

L'huile d'olive âgée de 4-7 mois a été utilisée dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est de 2 g/100 g. Son aspect est jaune verdâtre.

1.2.7. Jarre en terre cuite (*Ezir*)

Le contenant utilisé pour la conservation de la viande est une jarre en terre cuite (*Ezir*) d'une capacité d'environ 1.5 litres.

1.3. Diagramme de préparation traditionnel adopté

Khliia Ezir a été préparé suivant le diagramme de préparation traditionnel (Figure 2.2) rapporté par [Boudechicha et al., \(2015\)](#). En général, 4 étapes ont été identifiées à savoir : la préparation, l'enrobage et marinade, la cuisson et la conservation.

1.3.1. Préparation

La viande désossée et débarrassée de graisses est découpée en gros morceaux de 5-8 cm de longueur et de 4-6 cm d'épaisseur. Les morceaux sont ensuite nettoyés à l'eau courante afin d'éliminer le sang et la poussière résiduelle en surface.

1.3.2. Enrobage et marinade

L'enrobage se fait à sec. Il consiste à recouvrir la viande par un ensemble d'épices composé de : sel (9%), carvi (1, 5%), coriandre (3%) et ail fraîchement moulu (2%).

Les morceaux de viande enrobés ont été par la suite laissés mariner pendant 7 jours à une température ambiante. Tous les deux jours, les morceaux sont malaxés manuellement pour permettre une imprégnation plus rapide et homogène du sel et mélange d'épices.

1.3.3. Cuisson

Après marinade, la viande est bouillie dans de l'eau avec un rapport eau : viande est de 2 : 1. Les morceaux de viande doivent être totalement recouverts d'eau. La durée de cuisson est

d'environ 90min à une température comprise entre 75 à 80 C° à cœur. La cuisson s'achève lors de l'évaporation quasi-complète d'eau.

1.3.4. Conservation

Immédiatement après cuisson, les morceaux de viande sont imprégnés dans un mélange d'huile d'olive (2/3) et de graisse ovine préalablement fondue (1/3) puis conservés dans une jarre en terre cuite avec couvercle, à l'abri de la lumière et dans un endroit sec à température ambiante. La figure suivante illustre le diagramme de préparation de *Khliiaa Ezir*.

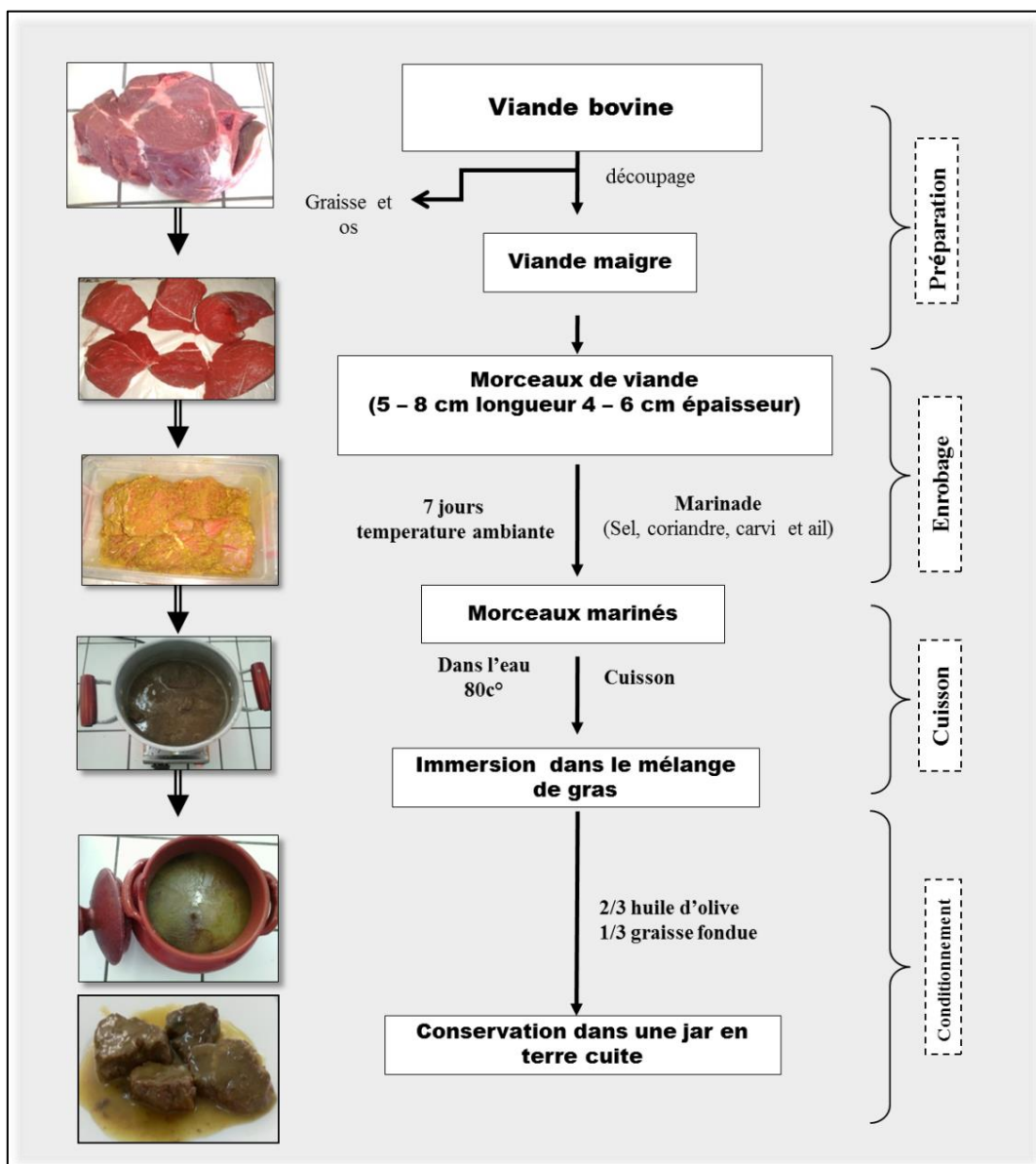


Figure 2.2. Diagramme de préparation traditionnelle de *Khliiaa Ezir* (Boudechicha et al., 2015).

1.4. Echantillonnage et points de prélèvements

Afin de suivre l'évolution des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et d'étudier la relation entre protéolyse, texture et structure, des aliquotes ont été prélevés à des temps différents correspondant aux étapes de préparation, à savoir : la viande fraîche (48h *post-mortem*), la marinade (1^{er}, 7^{ème} jour), après cuisson (8^{ème} jour), au cours de la maturation et du stockage (2, 8, 10, 15 et 21^{ème} jours). Pour les expérimentations portant sur le suivi de l'évolution de caractéristiques physico-chimiques, un total de 9 échantillons de *Khliia Ezir* ont été préparés. Ces derniers ont été servis également pour les analyses sensorielles. 9 échantillons ont été utilisés pour la caractérisation microbiologique. 4 échantillons de *Khliia Ezir* ont été préparés pour le suivi de la protéolyse et la caractérisation structurale.

2. Caractérisation physico-chimique et biochimiques de *Khliia Ezir*

2.1. Mesure du pH

Le pH de *Khliia Ezir* est mesuré selon le protocole de (Lorenzo et al., 2008). Environ 1g de viande prélevée est immédiatement broyé avec un polytron (Polytron ® PT- MR 2100, Kinematica AG, Switzerland) pendant 15 secondes à une vitesse de 22000 dans 10 mL d'eau distillée. La mesure du pH est réalisée par insertion directe de l'électrode du pH-mètre (PHS-3CW microprocessor pH /mV mètre, BANTE instrument) dans l'homogénat. L'opération est répétée trois fois et la valeur du pH est exprimée en moyenne \pm écart type.

2.2. Détermination de l'humidité

Pour la détermination de l'humidité, la viande est préalablement broyée à l'aide d'un broyeur électrique, 2 g de viande sont pesés puis étuvés à 105°C (AOAC, 1990) dans un humidimètre (Sartorius ; Modèle WMA35 · KT, Allemagne). L'affichage de la valeur de mesure s'effectue directement sur l'écran de l'appareil et l'humidité est exprimée en pourcentage.

2.3. Dosage de taux de cendres

Le taux de cendres représente la quantité totale en sels minéraux présents dans un échantillon. Il est déterminé par une méthode gravimétrique après avoir calciné l'échantillon à analyser dans un four à moufles à 525°C – 600°C jusqu'à l'obtention d'une masse constante. Dans notre cas, la teneur en cendres est déterminée selon les protocoles de (Marra et al., 1999) et (Komprda et al., 2012), par incinération de 1g ($\pm 0,1$) d'un broyat de viande dans un

four à moufle (LINN -Hight Therm) à 550°C pendant 3 heures. Les cendres contenues dans les creusets sont transférées par la suite dans un dessiccateur puis pesées. L'opération est effectuée trois fois et les résultats sont exprimés en moyenne ± écart type.

La teneur en cendres est calculée en utilisant la formule suivante :

$$\text{Teneur en cendres (\%)} = (P_2 - P_0) / (P_1 - P_0) \times 100$$

Où :

P_0 : poids du creuset vide

P_1 : poids du creuset + échantillon

P_2 : poids du creuset + résidu calciné

2.4. Dosage de la concentration de la myoglobine

La concentration en myoglobine est déterminée selon le protocole de (Faustman et Phillips, 2001). 2g de l'échantillon préalablement congelé sont homogénéisés dans environ 20 ml du tampon phosphate (40mM) ajusté à pH de 6.8. L'homogénat obtenu est filtré à l'obscurité sur papier Whatman #1. L'absorbance du filtrat est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 525 nm (A_{525}), en utilisant le tampon phosphate comme témoin. L'analyse est effectuée trois fois et les résultats sont exprimés en moyenne ± écart type.

La concentration en myoglobine est calculée selon la formule suivante (Canto *et al.*, 2015) :

$$[\text{Myoglobine}] \text{ (mg/g)} = [A / (7.6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1} \times 1 \text{ cm})] \times [17000 / 1000] \times 10$$

Où :

$7.6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$: coefficient d'extinction de la myoglobine en mM à 525 nm ;

1 cm : Trajet optique de la cuve ;

17000 Da : Masse moléculaire de la myoglobine ;

10 : Facteur de dilution.

3. Caractérisation de la qualité sensorielle de *Khliia Ezir*

3.1. Evaluation sensorielle par un jury entraîné

L'objectif de cette analyse consiste à donner le profil sensoriel global de *Khliia Ezir* avec un jury de dégustateur. Cette analyse décrit les caractéristiques sensorielles du produit soit

l'aspect, la texture, l'odeur, l'arôme, l'arrière-goût et la persistance du goût. En premier lieu une détermination des attributs ou descripteurs sensoriels du *Khliia Ezir* a été établie ainsi qu'un questionnaire type. Ensuite, des analyses sensorielles proprement dites ont été réalisées avec un jury entraîné.

L'ensemble des attributs sensoriels évalués ont été établies dans un atelier de discussion avec un jury de spécialiste dans l'analyse sensorielle de la viande et les produits carnés au sein de l'équipe MaQuaV du laboratoire BioQuAl.

Une liste de 16 attributs a été retenue à savoir : la tendreté globale, la jutosité, la cohésion, la mastication, la flaveur, l'aspect gras, le goût de rance, le goût acide, le goût salé, le goût piquant, la présence de résidus, l'intensité d'odeur, l'arôme d'ail, l'arôme d'épices, la persistance du goût, et l'appréciation globale.

Un panel de dégustation constitué de 10 sujets (5 hommes et 5 femmes) avec des âges s'étendant de 23 à 27 ans a été sollicité. Les membres sont des étudiants de fin de cycle de graduation à l'INATAA. Ils sont non-fumeurs et en bonne santé. Ils ont été sélectionnés pour leur capacité à l'évaluation sensorielle ainsi que pour leur disponibilité à suivre toutes les séances. Les dégustateurs ont reçu une séance de formation afin d'être initiés et bien saisir les différents attributs évalués. De ce fait, ils sont considérés comme qualifiés pour l'évaluation sensorielle.

L'ensemble du panel de dégustation ont été orientés à occuper des cabines séparées et conçues spécialement au niveau d'une salle exempte d'odeurs et de bruit, située dans le campus pédagogique de l'INATAA. Les échantillons de *Khliia Ezir* à 21 jours de conservation (où les produits sont juste maturés et généralement ont la meilleure qualité sensorielle) (Boudechicha *et al.*, 2015) ont été prélevés directement d'*Ezir*, coupés en tranches de 3cm d'épaisseur, et servi aux membres du jury de dégustation dans des assiettes blanches codifiées. Un gobelet contenant de l'eau potable (90%) et le jus de pomme (10%) leur a été servi pour rincer leur bouches après chaque dégustation (Hutchison *et al.*, 2011).

Les séances de dégustation se sont déroulées entre 09h et 11h du matin afin d'éviter les situations critiques (faim, satiété, fatigue et stress).

Le bulletin d'analyse de dégustation distribué au panel est accompagné d'une liste de définitions pour l'ensemble des attributs. Chaque attribut a été évalué sur une échelle non

structurée de 0 (absence de perception) à 10 (perception très intense) (Gagaoua *et al.*, 2013). Les deux planches A et B représentent le bulletin d'analyses sensorielles de *Khliia Ezir* présenté en (Annexe 01). Le dispositif expérimental utilisé pour la caractérisation sensorielle de *Khliia Ezir* est illustré dans (la figure 2.3a).

3.2. Estimation instrumentale de la tendreté par pénétrromètre

Afin de suivre l'évolution de la tendreté de *Khliia Ezir* au cours de sa préparation et sa conservation, nous nous sommes servis d'un pénétrromètre (PETROTEST PNR 10 Germany) disponible au niveau du laboratoire de l'INATAA. Cet instrument est muni d'un corps pénétrant (aiguille conique qui pèse 2.5 g), qui pénètre en chute libre dans le morceau de viande sous l'action de son propre poids, pendant un temps déterminé (5 sec) (figure 2.3b). La profondeur de pénétration est mesurée en mm ou unité de pénétration (1 UP = 0.1 mm). Elle constitue une grandeur objective de la consistance de la substance analysée et qui permet une estimation de la tendreté (Becila *et al.* 2014).



Figure 2.3. Evaluation de la qualité sensorielle de *Khliia Ezir*.

Afin d'estimer l'évolution de tendreté de *Khliia Ezir* au cours de sa préparation ; un échantillon de viande (longueur = 2 cm, largeur = 1 cm, hauteur = 2 cm) est placé sur le support du pénétrromètre. La direction des fibres musculaires de l'échantillon est parallèle à la

surface du plan de la table et la contrainte est appliquée perpendiculairement aux fibres musculaires.

La mesure est répétée 5 fois ; pour chaque échantillon à chaque étape de préparation. La profondeur de pénétration maximale est affichée en millimètres après un temps de 5 secondes. Une valeur élevée de la profondeur de pénétration correspond à une viande très tendre. Une valeur faible indique que la viande est dure.

4. Caractérisation protéolytique des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires

4.1. Extraction des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires

Un échantillon de 1g de *Khliia Ezir* à différents étapes de préparation (de la viande fraîche au 21^{ème} jour de conservation) est additionné à 10 ml du tampon d'extraction pH 7,4 contenant 40 mM potassium phosphate et 0.02% NaN₃, puis homogénéisé 15 secondes au polytron (Diaz *et al.* 1997). L'homogénat est par la suite filtré sur une gaze. Le filtrat obtenu est centrifugé à 4000 rpm pendant 15 min à 4°C. Le surnageant contenant les protéines sarcoplasmiques est récupéré dans des tubes eppendorfs. Le culot est re-solubilisé dans 1ml du tampon d'extraction, homogénéisé avant d'être centrifugé à nouveau à 4000 rpm pendant 10 min et à 4°C ; l'opération est répétée deux fois. Le culot résultant et constituant les protéines myofibrillaires est solubilisé dans 1ml du tampon d'extraction. Les tubes eppendorfs contenant les extraits protéiques ont été conservés à -20°C jusqu'à utilisation pour le dosage des protéines et le suivi de degré de protéolyse par électrophorèse.

4.2. Dosage des protéines extraites par la méthode Bradford

La concentration des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires extraites est déterminée suivant la méthode de Bradford (1976). C'est une méthode colorimétrique qui utilise le bleu de Coomassie G-250 comme agent colorant. Ce dernier se lie aux acides aminés aromatiques (tryptophane, tyrosine et phénylalanine) et les résidus hydrophobes des acides aminés, provoquant l'augmentation de l'absorbance de 365 à 595 nm. Une fois lié aux protéines sa couleur vire du rouge vers le bleu. Le haut coefficient d'extinction permet d'avoir un dosage des protéines même à de faibles concentrations, inférieures à 20 µg/ml. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de protéines présente dans l'échantillon (Figure 2.4a). La densité optique des échantillons est mesurée au spectrophotomètre à 595 nm.

La solution mère de SAB (Sérum Albumine Bovine) est utilisée pour la préparation de la gamme d'étalonnage à une concentration de 2 mg/ml. Les dilutions préparées ont des concentrations de 0, 10, 20, 30, 40 et 50 µg/ml de SAB, additionnées de tampon d'extraction et du réactif de Bradford (de chez Bio-rad). L'absorbance de la gamme étalon à la longueur d'onde de 595 nm permet de tracer la courbe d'étalonnage. En fonction de la densité optique des protéines extraites, leur concentration (µg / µL) est calculée à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage.

4.3. Dénaturation des protéines extraites

Après le dosage des protéines, 100 µl de chaque extrait protéique à analyser sont mélangé avec 20 µl de tampon dénaturant dans des tubes Eppendorfs. Le tampon de dénaturation (à pH 6,8) se compose de Tris/HCl 0,125 M, Glycérol 20 %, SDS 4 %, β-mercaptoéthanol 2 % et du bleu de bromophénol 0,02. Les échantillons sont ensuite chauffés 5 minutes au bain marie thermostatée à 95°C afin de compléter la dénaturation (Figure 2.4b). Les protéines vont être dépliées perdant subséquentement leurs structures tertiaires et quaternaires (spatiales). Les échantillons sont conservés à - 20° jusqu'à leur utilisation.

4.4. Séparation des protéines par électrophorèse monodimensionnelle en conditions dénaturantes (SDS-PAGE)

La protéolyse est estimée à différents temps de préparation de *Khliia Ezir* par électrophorèse monodimensionnelle en conditions dénaturantes, suivant le protocole de (Laemmli, 1970).

L'électrophorèse mono-dimensionnelle en conditions dénaturantes (SDS-PAGE) (Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis) est une technique séparative permettant de fractionner le contenu protéique d'un extrait sur un gel d'acrylamide selon la masse moléculaire des protéines. En effet, les protéines extraites sont soumises à l'action de deux composés : *i*) le SDS, un détergent puissant, permettant la solubilisation des protéines en leur conférant une seule charge négative, *ii*) Le β -mercaptoéthanol est un agent réducteur des ponts disulfures et permet de mettre en évidence les différentes sous-unités d'une protéine.

Les protéines recouvertes par le SDS auront toute une charge négative, elles migreront donc vers l'anode (+). La charge réelle des protéines n'est donc plus mise en jeu et seule leur masse moléculaire influencera leur migration. Leur vitesse de migration est fonction de la taille des protéines et de la taille des mailles du gel. Elles vont être séparées suivant leurs

pois moléculaires : les protéines de fortes tailles auront des difficultés à traverser les mailles du gel d'acrylamide (Figure 2.4c).

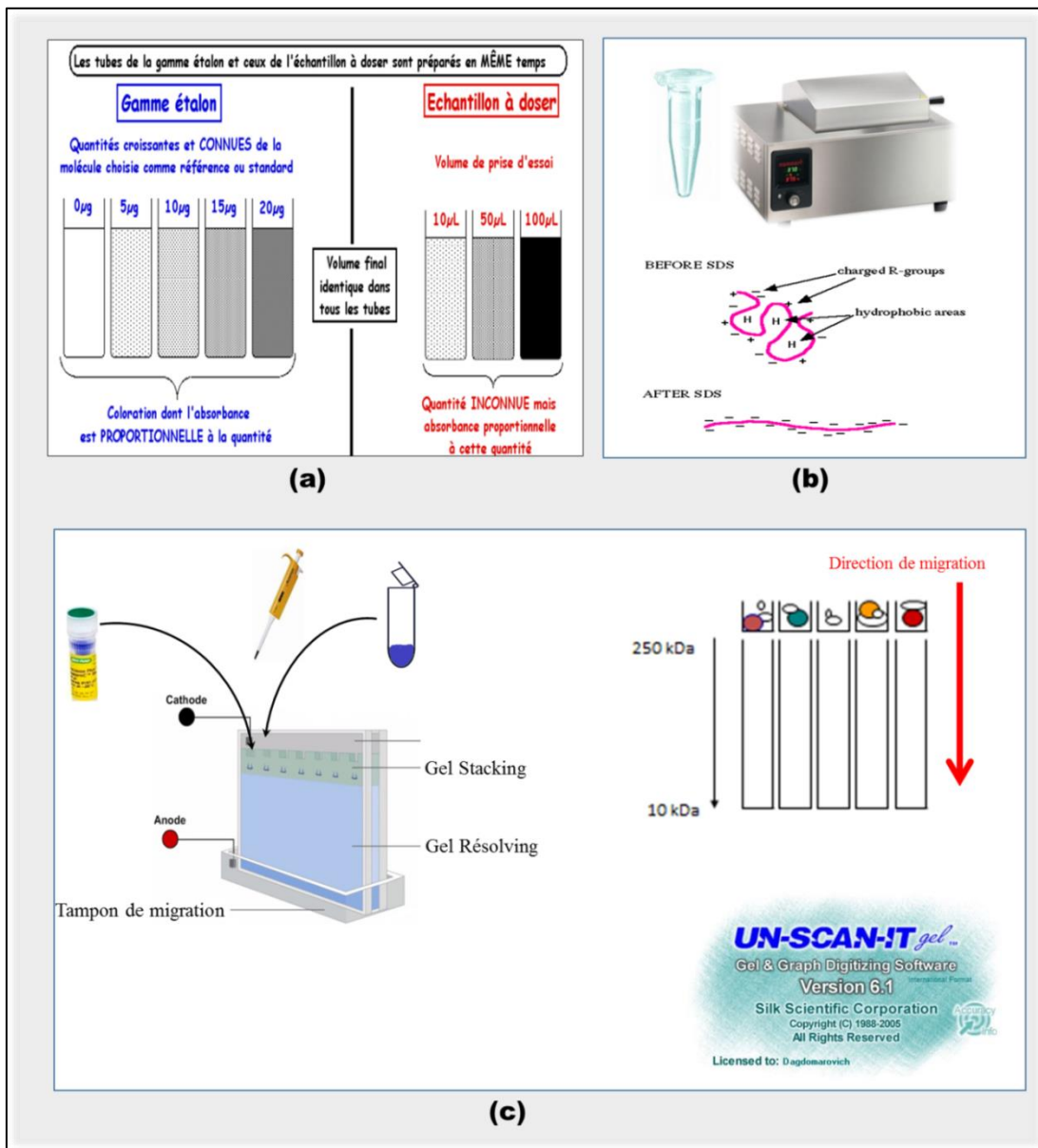


Figure 2.4. Caractérisation protéolytique des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires par électrophorèse monodimensionnelle en condition dénaturante.

(a) Dosage des protéines extraites par la méthode Bradford (1976). C'est une méthode colorimétrique qui utilise le bleu de Coomassie G-250 comme agent colorant. (b) Dénaturation des protéines extraites par un tampon dénaturant contenant SDS et β -mércaptoéthanol. Les protéines vont être recouvertes de charges négatives. (c) Electrophorèse monodimensionnel en conditions dénaturantes (SDS-PAGE). La séparation des protéines s'effectue selon leurs poids moléculaire.

Après préparation des gels et du tampon de migration, les protéines extraites à différents temps de préparation ont été déposées à raison de 10 µg de protéines dans chaque puits. Un

puits a été réservé aux marqueurs de taille (protéines de référence). L'ensemble a été déposé dans la cuve d'électrophorèse remplie de tampon de migration (Figure 2.4c). La migration a été réalisée d'abord à 80 V pour favoriser le tassement des protéines dans le gel de concentration pendant 30 min environ, puis à 130 V pendant 2 h dans le gel de séparation. Le gel de séparation permet de révéler les protéines selon leur poids moléculaire. Pour réaliser cette opération à température ambiante, le dispositif de migration a été couplé à un système de refroidissement à l'eau courante.

Une fois la migration achevée, les protéines sont fixées dans une solution d'éthanol 30 %, acide acétique 5 %, puis colorées dans la même solution contenant 0,03g de bleu de Coomassie R- 250 pendant au moins 20 minutes sous agitation. La coloration au bleu de Coomassie se base sur la fixation de cette molécule aux acides aminés basiques (notamment Arginine) et aromatiques (Phénylalanine, Tyrosine et Tryptophane). Le gel est ensuite décoloré par des lavages successifs et sous agitation dans une solution de décoloration jusqu'à bonne visibilité des bandes protéiques. Les poids moléculaires des bandes protéiques apparues sur le gel ont été estimées à l'aide du logiciel Un-Scan-It gel 6.5 (Silk Scientific, Orem, UT).

4.5. Identification des protéines par spectrométrie de masse (LC-MS/MS)

Cette analyse consiste en la mesure des masses d'un mélange peptidique obtenu par digestion enzymatique d'une protéine inconnue et son identification par des outils informatiques reliés aux bases de données.

Un spectromètre de masse permet la mesure du rapport masse sur charge (m/z) des peptides issus de la digestion enzymatique des protéines de l'échantillon à analyser, ainsi que de leurs fragments qui sont générés au sein des instruments. Les spectromètres de masse combinent 4 éléments : la *source*, qui permet l'ionisation et la volatilisation des molécules, une *interface* qui permet la transmission et la focalisation des ions vers l'analyseur, un *analyseur* qui « filtre » (sépare) les ions selon leur rapport m/z et un *détecteur* contre lequel les ions viennent frapper permettant la détection du signal qui détermine le temps de vol entre la plaque et le détecteur. Ce temps de vol étant proportionnel au rapport masse/charge (m/z), une empreinte massique de l'ensemble des peptides ionisés, spécifique de la protéine inconnue, est créée (Figure 2.5). Il faut alors comparer cette empreinte peptidique massique aux empreintes théoriques des protéines identifiées, regroupées dans différentes bases de données.

Cette méthode permet d'analyser une large gamme de masse (0,5 à 300 kDa), l'acquisition des données est rapide.

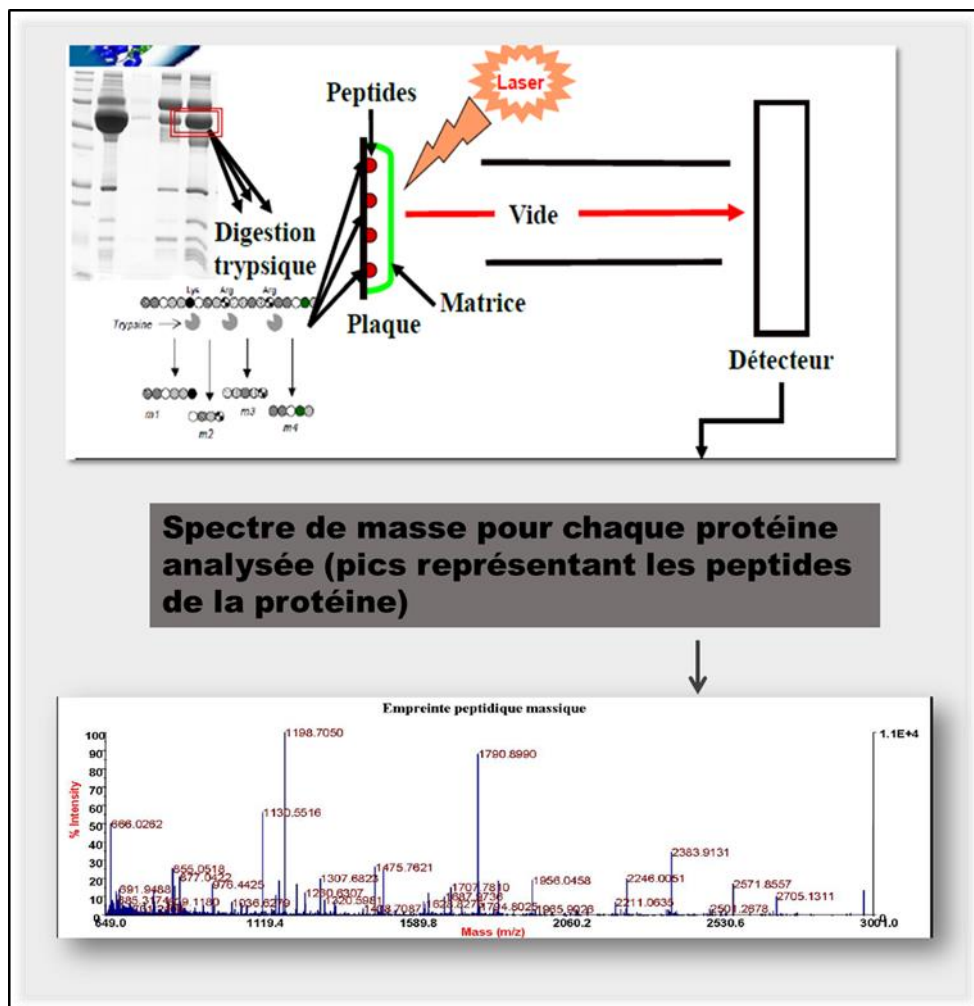


Figure 2.5. Principe de la spectrométrie de masse

4.5.1. Empreinte peptidique massique (EPM) par MALDI-TOF

Dans le cas de *Khliia Ezir*, à la suite de l'analyse des gels monodimensionnels, les bandes d'intérêt à différents stade de préparation sont prélevées sur un gel d'électrophorèse coloré au bleu de Coomassie pour être identifier.

Les bandes protéiques prélevées sont décolorées et déshydratés. La protéine est ensuite hydrolysée en peptides par la trypsine. Le mélange peptidique obtenu est déposé sur une cible en présence de matrice puis il est analysé par MALDI (*Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization*) – TOF (*Time of Flight*). C'est une technique d'ionisation dite douce puisque elle génère des ions moléculaires relativement stables. La deuxième étape consiste en

la mesure du temps de vol (de l'ordre des nanosecondes) des ions formés dans un tube de vol dans lequel est réalisé un vide poussé (10^{-7} millibare).

Le protocole détaillé ci-dessous est fourni et utilisé par la Plateforme d'Exploration du Métabolisme de l'INRA de Clermont Ferrand – Theix.

4.5.1.1. Préparation des bandes

Les bandes d'intérêt sont bien rincées à l'eau distillée avant d'être soigneusement excisées du gel d'acrylamide (environnement sans poussières ni empreintes de doigts). Les bandes ont été excisées à l'aide d'un scalpel stérile (faire l'excision le plus près du spot pour éviter le bruit de fond). Les échantillons ont été ensuite placés dans des tubes eppendorf de 0,5 ml. Dans chaque tube eppendorf, ajouter 100 μ l de tampon de bicarbonate d'ammonium 25 mM, acétonitrile 5 % et laisser incuber pendant 30 min. Après cela, le tampon a été éliminé pour le remplacer avec le même tampon à 50 % d'acétonitrile et incuber 30 min. Cette étape peut être réalisée plus d'une fois jusqu'à décoloration totale des bandes.

Les bandes décolorées ont été ensuite déshydratées dans 200 μ l d'acétonitrile 100% pendant 10 min d'incubation. Le surnageant d'acétonitrile a été ensuite éliminé et les bandes ont été passées au Speed Vac (de chez Jouan RC 10.22) pour éliminer le reste d'acétonitrile et compléter le séchage des bandes. Ces dernières sont généralement stoppées à ce stade en les stockant à -20°C avant de les passer à la spectrométrie de masse.

4.5.1.2. Préparation des protéines pour l'analyse

La protéine est hydrolysée en peptides avec 150 ng d'enzyme. La réhydratation est effectuée dans 15 μ l de bicarbonate d'ammonium 50mM contenant 10 ng/ μ l de trypsine Promega (*Sequencing Grade Modified Trypsin*) et suivie d'une incubation de 5 heures dans une étuve Memmert U26 à 37°C . Les peptides obtenus sont extraits du gel par 8 μ l d'acétonitrile 100%, puis agiter au vortex, avant de les passer au bain d'ultrasons pendant 2 minutes et incuber à 37°C pendant 15 minutes.

4.5.1.3. Dépôts des peptides sur la cible du MALDI-TOF

La surface de la plaque du spectromètre est nettoyée à l'eau et au savon puis rincée à l'eau MilliQ. 1 μ l d'échantillon préalablement vortexé et 1 μ l de matrice (une solution en acide alphacyano-4-hydroxycinnamique (CHCA)) ont été déposés sur la cible MALDI. Laisser sécher le dépôt pour que le mélange peptidique se cristallise dans la matrice. 0,4 μ l de

calibrant a été déposé à proximité de chaque échantillon. Après cela, la plaque est prête à être introduite dans le MALDI-TOF, où s'effectue l'irradiation à 337 nm de la matrice co-cristallisée avec le mélange peptidique, en les envoyant au TOF. Ce dernier permet d'analyser les ions produits dans la source MALDI. L'énergie emmagasinée résorbe l'analyte sous forme de plasma dans lequel s'effectue le transfert de protons des molécules de la matrice vers celles de l'analyte, engendrant leur ionisation. Ensuite, l'analyseur temps de vol (ToF) permet d'analyser les ions produits dans la source MALDI en se basant sur le principe que les ions de masses différentes ayant une énergie cinétique constante ($\frac{1}{2} mv^2$) auront une vitesse inversement proportionnelle à leur rapport masse sur charge (m/Z).

4.5.1.4. Identification des protéines

L'identification des protéines se fait par interrogation des moteurs de recherche (ex : ProFound, MS-FIT) à partir des masses des peptides obtenus et sélectionnés et des critères à renseigner : la banque de donnée à interroger, la famille, le genre, l'enzyme de digestion, les modifications liées aux traitements de la protéine, l'espèce à partir desquels la protéine est isolée, toutefois la recherche sans renseigner ce critère est plus objective.

Ces moteurs de recherche comparent le spectre de masse aux spectres de masse virtuels des protéines dont le gène est caractérisé et qui sont rassemblées dans des banques de données spécialisées, dans notre cas la base de données utilisée est SWISS-PROT. Cette comparaison est associée à un score fondé sur le nombre de fragments protéolytiques obtenus dont les masses peuvent correspondre à celles des fragments protéolytiques des banques de données, et par la précision avec laquelle les masses sont déterminées. Les meilleurs scores correspondent aux comparaisons les plus fiables.

5. Caractérisation histologique et microstructurale de *Khliia Ezir*

Dans le but de comprendre les mécanismes biologiques intervenant dans le développement des propriétés sensorielles de *Khliia Ezir*, une caractérisation structurale a été effectuée à l'unité QuaPA (Qualité des Produits Animaliers) à l'institut nationale de la recherche agronomique (INRA) Auvergne-Rhône-Alpes de Theix à Clermont-Ferrand. Cette approche vise à suivre en cinétique les changements structuraux influençant les qualités finales de *Khliia Ezir*.

La caractérisation structurale et microstructurale de *Khliia Ezir* vise, d'une part, à suivre en cinétique l'effet des différents traitements à savoir le salage, la marinade, la cuisson et la

conservation sur l'évolution de la morphologie structurale et ultra-structurale de *Khliia Ezir* au cours de sa préparation. Et d'autre part, de déceler la relation entre les propriétés structurales et les attributs sensoriels du produit fini.

5.1. Analyses histologiques

Des échantillons à chaque étape de la fabrication de *Khliia Ezir* : viande crue, salée épicée et marinée, cuite dans l'eau et conservée dans une jarre (cubes de $20 \times 20 \times 10 \text{ mm}^3$) ont été congelés dans l'isopentane ($-160 \text{ }^\circ\text{C}$) refroidi par l'azote liquide ($-196 \text{ }^\circ\text{C}$) et conservés à ($-80 \text{ }^\circ\text{C}$) jusqu'à la réalisation des analyses histologiques (Astruc *et al.*, 2010).

Les étapes de l'analyse histologique sont schématisées dans la figure 2.6.

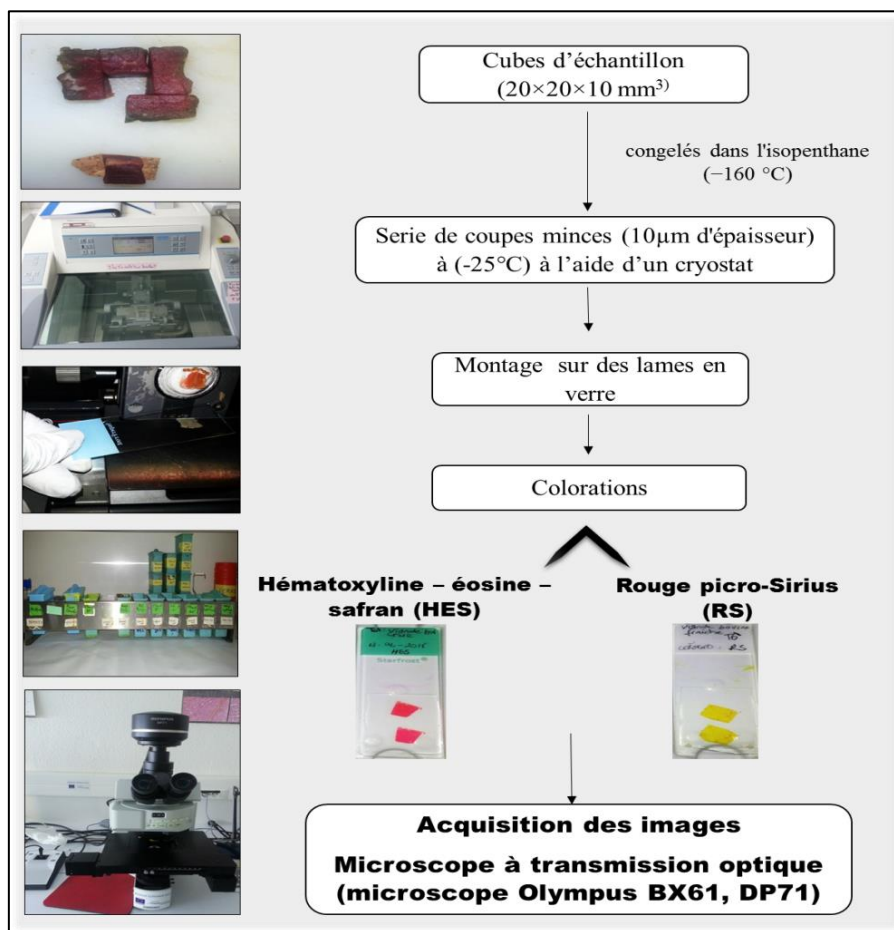


Figure 2.6. Méthodologie expérimentale suivie pour la caractérisation histologique de *Khliia Ezir*. Deux colorations topographiques ont été effectuées sur les coupes : *i*) coloration à l'hématoxyline – éosine – safran (HES) ; *ii*) coloration en rouge picro-Sirius (RS).

Des sections perpendiculaires au sens des fibres musculaires, ont été confectionnées en série minces (10 μ m d'épaisseur) à température de -25°C, à l'aide d'un cryostat (Microm HM 560, Brignais, France), puis montées sur des lames en verre et séchées à l'air (20 ° C). Deux colorations topographiques ont été effectuées sur les coupes : *i*) coloration à l'hématoxyline – éosine – safran (HES) qui permet de visualiser les fibres musculaires et les espaces extra-cellulaires. *ii*) coloration en rouge picro-Sirius (RS) afin de révéler le collagène périnysial et endomysial.

Après coloration, les lames ont été montées avec une résine synthétique (Eukitt, Kindler GmbH & Co, Fribourg, Allemagne) afin de protéger la section au cours de l'observation. Les acquisitions d'images ont été réalisées à l'aide d'un microscope à transmission optique couplé à une caméra numérique (microscope Olympus BX61, appareil photo numérique Olympus DP 71 et logiciel Cell F, Olympus France SAS, Rungis, France). Les images ont été acquises à différents grossissements sur chaque section teintée HES et rouge Sirius. La surface des fibres musculaires, du tissu conjonctif (TC) ainsi que l'espace extra cellulaire (EEC) ont été quantifiés par analyse d'image (logiciel ImageJ).

5.1.1. Quantification de la morphologie par analyse d'images

Pour chacune des coupes préparées, 6 images numériques ont été faites aléatoirement, avec un grossissement x10, au moyen d'un microscope optique en transmission couplé à un système d'acquisition d'images (Microscope Olympus BX61, Caméra Olympus DP71, Olympus France SAS, France). L'analyse des images a été faite à l'aide du logiciel gratuit ImageJ. Le but était de fournir une description quantitative de l'image à savoir : nombre de cellules musculaires, surface moyenne de ces cellules, taille de l'espace extracellulaire et surface du tissu conjonctif. Dans un premier temps, une calibration de l'image était nécessaire, afin de convertir les pixels en micromètre. Pour cela, l'image d'une lame graduée tous les 10 μ m a été acquise dans les mêmes conditions que les images à analyser. Ensuite, le logiciel ImageJ a permis de mesurer les graduations de l'image et d'établir la correspondance entre la longueur en μ m et le nombre de pixels mesurés, de façon à pouvoir extraire les paramètres structuraux désirés : nombre de cellules, surface des cellules.....etc.

5.1.2. Seuillage sur les niveaux de gris et calcul des propriétés structurales

Sur chaque image acquise (dont un exemple est donné sur la figure 2.7a), le bruit de fond a été compensé en soustrayant le blanc de l'image à analyser. L'image couleur a été

décomposée en ses trois composantes monochromatiques : rouge, bleu et vert. Au final, les analyses ont été réalisées sur le canal vert qui offrait le meilleur contraste. Ensuite, une segmentation par seuillage sur les niveaux de gris a été appliquée, puis une transformation en image binaire (noir et blanc) a permis d'identifier les objets à mesurer (Figure 2.7b). Le seuillage constitue une étape clé de l'analyse d'images, car c'est grâce à cette opération que le logiciel identifie les objets à mesurer. La surface relative de chaque objet ainsi extrait a été évaluée par quantification du nombre de pixels la composant. De manière identique, la surface relative des fibres musculaires a été quantifiée, en prenant la précaution d'éliminer les fibres coupées au bord de l'image. Le nombre de fibres a été déterminé après individualisation de ces dernières et mise en évidence par application de couleurs aléatoires, ce qui facilite grandement leur visualisation, et donc leur comptage (Figure 2.7c).

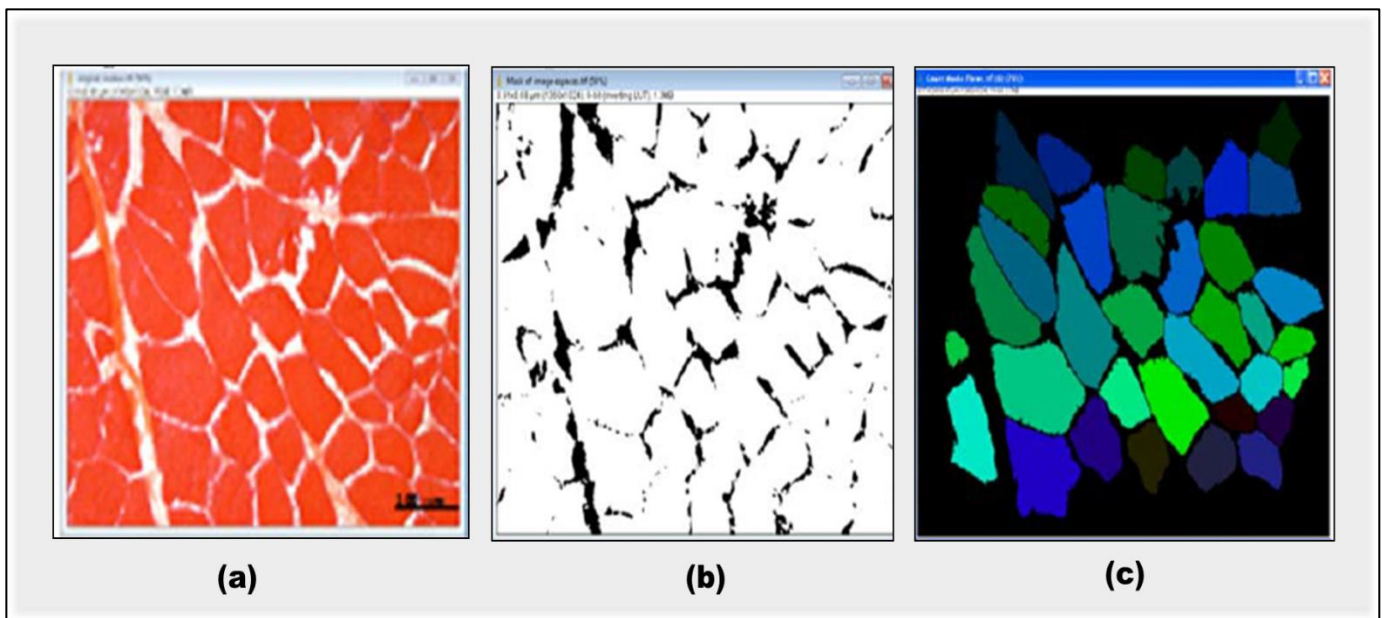


Figure 2.7. Analyses d'images via le logiciel ImageJ. (a) Exemple d'image originale acquise, suite à la coloration HES; (b) Image binaire des espaces extracellulaires ; (c) Image avec couleur aléatoire permettant d'identifier les fibres musculaires.

Au final, les grandeurs identifiées suite à l'analyse des images ont été consignées dans un premier tableau affichant le résumé des résultats : nombre de fibres, surface totale des fibres, surface du tissu conjonctif, taille moyenne et densité de fibres sur la surface étudiée, et dans un second tableau détaillant chacun des résultats pour chaque objet mesuré. Enfin, les données ont été importées dans le logiciel Excel afin de les mettre en forme, faire les premières analyses statistiques et construire les figures et histogrammes permettant l'interprétation des résultats.

5.2. Analyses ultra-structurales

De chaque échantillon, un morceau de muscle de 10 mm × 3 mm × 3 mm a été prélevé du noyau de l'échantillon puis fixé toute la nuit à 4 °C par immersion dans du tampon cacodylate de sodium à (0,1 M ; pH 5,6) contenant du glutaraldéhyde à 2,5% (Astruc *et al.*, 2010).

La figure 2.8 illustre le protocole expérimental pour l'analyse ultra-structurale de *Khliiaa Ezir*.

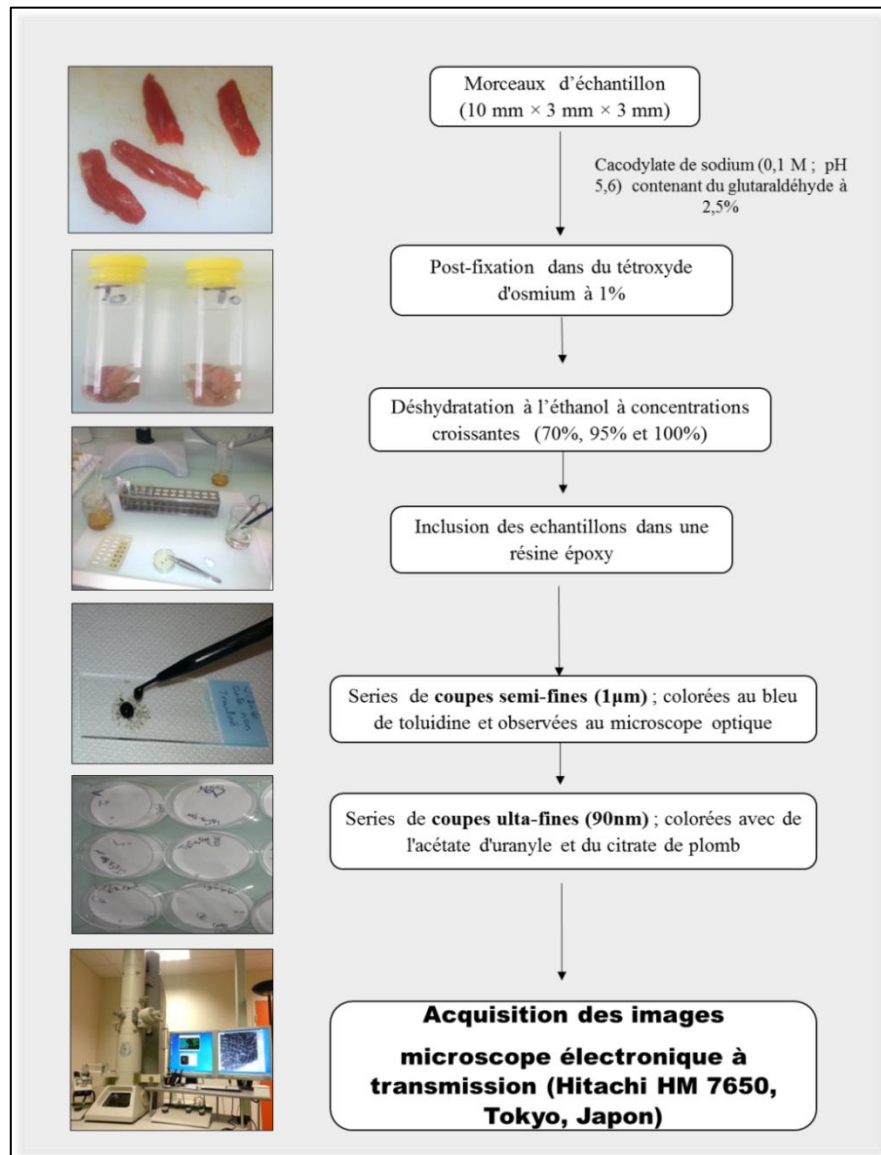


Figure 2.8. Méthodologie expérimentale suivie pour la caractérisation ultra-structurale de *Khliiaa Ezir* utilisant un microscope électronique à transmission.

Après fixation, des petits blocs (1 à 3 mm³) ont été post-fixés dans du tétroxyde d'osmium à température ambiante. Les blocs ont été déshydratés par un gradient de concentrations

croissantes d'éthanol (70%, 95% et 100%) et incorporés dans une résine époxy (TAAB, Eurobio France) [Luft \(1961\)](#).

Des coupes musculaires semi-fines (1µm) coupées transversalement et longitudinalement par rapport à la direction des fibres ont été colorées au bleu de toluidine et observées au microscope optique (Olympus BX61). Les images ont été acquises avec des objectifs x20 et x60. Les zones présentant des fibres musculaires ont été sélectionnées pour les observations d'ultrastructure.

Après avoir sélectionné la zone d'intérêt, des sections ultra-minces (90 nm) ont été réalisées à l'aide d'un couteau en diamant, elles ont été récupérées sur des grilles de cuivre par adsorption. Les coupes ont été, par la suite, colorées avec de l'acétate d'uranyle et du citrate de plomb ([Reynolds, 1963](#)) et observées au microscope électronique à transmission (Hitachi HM 7650, Tokyo, Japon) à une tension d'accélération de 80 kV. Les micrographes ont été générés à l'aide d'un appareil photo numérique Hamamatsu AMT (Hamamatsu, Japon) couplé au microscope. Tous les échantillons ont été préparés au laboratoire de microscopie électronique INRA Theix (Clermont Ferrand- France) et observés au laboratoire du Centre d'imagerie cellulaire de la santé (CICS) du campus universitaire de Clermont-Ferrand (France).

6. Caractérisation microbiologique de *Khliia Ezir*

Avant de lancer la fabrication de *Khliia Ezir*, 10g de matière première (viande bovine) ont été prélevés afin de déterminer la charge microbienne initiale de la viande fraîche utilisée. Les échantillons de *Khliia Ezir* (environ 10g) à différentes étapes de préparation, sont prélevés aseptiquement à l'aide d'une cuillère en inox à bras long stérilisée à la flamme puis découpées aseptiquement en petits morceaux à l'aide d'un couteau et d'une pince stériles. Les manipulations sont réalisées avec un maximum d'asepsie (Bec Bunsen allumé depuis 15mn et paillasse lavée à l'eau de javel).

Nous avons suivi l'évolution de la charge microbienne de *Khliia Ezir* durant les différentes étapes de préparations à savoir : viande fraîche J₀, marinade (1j, 3j, 7j) et conservation 10 j et 20 j, 30 j.

6.1. Préparation de la suspension mère et les dilutions

La suspension mère est préparée à partir de 10 g de viande homogénéisée à l'aide d'un Ultraturax avec 90ml de l'eau péptonée (CUQ, 2007).

A partir de la solution mère, 1ml est introduit dans un tube contenant 9ml d'eau peptonée stérile à l'aide d'une micropipette à embout stérile, C'est la dilution 1/100 (10^{-2}).

La dilution 1/1000 (10^{-3}) sera préparée de la même façon mais à partir de la dilution précédente. Dans le cas des viandes, il est souvent nécessaire d'aller jusqu'à la dilution 10^{-5} (Atlas, 1995).

6.2. Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale

Le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale est réalisé sur la gélose Plate Count Agar (PCA, Difco, France). Le milieu est ensemencé en profondeur et les cultures sont incubées à 30 °C pendant 72 h. Les colonies blanchâtres ayant poussés en profondeur sont dénombrées.

6.3. Dénombrement des coliformes totaux

Cette méthode est basée sur le dénombrement de toutes les entérobactéries viables fermentant le lactose sur gélose VRBG (Violet Red Bile Glucose, Merck, Allemagne) ; incubé à 37°C pendant 48 h.

6.4. Dénombrement des coliformes fécaux

Les coliformes fécaux sont des entérobactéries qui à une température spécifique, forment des colonies rouge dans la gélose VRBL (lactose biliée au cristal violet et au rouge neutre, Merck, Allemagne), après une incubation à 44°C pendant 24h (Guiraud, 2003).

6.5. Dénombrement de la flore fongique

La culture se fait sur milieu OGA (Difco, France) avec ajout de 100 mL/L d'oxytétracycline à 1mg /mL. Le milieu est ensemencé en surface et incubé à 20-25°C pendant 3 à 5 j. Toutes les colonies d'aspect lisse ou filamenteux sont comptées. Si un envahissement de germes est observé, les comptages après deux jours sont retenus (Guiraud, 1998).

6.6. Dénombrement de la flore lactique

Par ensemencement dans le milieu MRS (MAN, ROGOSA, et SHARP ; Difco, France), ce dernier est ensemencé en masse avec 1 ml d'inoculum (Leveau *et al.*, 1991). L'incubation se fait à 30°C pendant 48 h en anaérobiose.

6.7. Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfito-réducteurs

Les anaérobies sulfito-réducteurs se développant en 24 à 48 heures sur une gélose VF (Viande Foie, Merck, Allemagne) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{+2} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des anaérobies sulfito-réducteurs constituent généralement des indices de contamination ancienne (Larpen, 1997 ; Toldra *et al.*, 2010).

Dans des tubes stériles, 1ml de la solution mère ou des dilutions décimales est introduit. Ces tubes sont placés dans un bain marie pendant 10 mn à 80°C, afin de détruire toutes les formes végétatives éventuellement présentes et activer les formes sporulées.

Immédiatement à la sortie du bain marie, ces tubes sont refroidis. Par la suite, 18 à 20 ml de gélose Viande Foie fondue est ajoutée puis refroidie à 45°C \pm 1, additionnés de 0.2 ml d'Alun de fer et de 0.5ml de Sulfite de sodium à 5%, sont ajoutés à chaque tube à essai.

Le milieu préparé mélangé à l'inoculum sont doucement agités pour éviter la formation de bulles d'air. Après solidification sur paillasse, les tubes sont incubés à 37°C, pendant 24 à 48h (Brian, 1995 ; CUQ, 2007).

6.8. Recherche des salmonelles

La recherche des salmonelles a été réalisée après un pré-enrichissement du broyat de 5 g d'échantillon dans 45 ml de milieu eau peptonée tamponnée à 37 °C pendant 24 heures, suivi d'enrichissement de 2 ml d'échantillon pré-enrichi dans 20 ml de bouillon au sélénite de sodium à 37 °C pendant 24 heures et enfin un ensemencement en surface avec 0,1 ml d'échantillon enrichi de la gélose SS (*Salmonella-Shigella*) et incubation à 37 °C pendant 24 heures. Les colonies incolores et jaunâtres, de diamètres supérieurs à 5 mm mesurés à l'aide d'une règle graduée, avec ou sans centre noir (production de H_2S) sont des colonies présomptives de *Salmonella* (CUQ, 2007).

Les résultats de l'analyse microbiologique sont exprimés en log UFC/g \pm écart type.

7. Analyses statistiques

Pour répondre aux objectifs fixés et exploiter nos données, plusieurs analyses statistiques ont été employées. Les analyses et traitements statistiques des résultats expérimentaux obtenus dans ce travail ont été réalisés à l'aide du logiciel XLStat (Version 2009.1.01. Addinsoft ®) comme un outil rapide d'exploration de données. La préparation des figures a été effectuée en utilisant le Microsoft Office Excel 2007. Des analyses descriptives, des analyses de variances, des corrélations, et analyses en composantes principales (ACP) ont été exploitées dans cette partie de thèse.

7.1. Analyse descriptive

Un des grands objectifs de ce travail de thèse était d'expliquer l'effet de chaque étape de préparation de *Khliaa Ezir* sur le développement des caractéristiques du produit fini. L'évolution des paramètres suivis en cinétique (pH, teneur en eau, taux de cendres et concentration en myoglobine) a été caractérisée à partir des courbes obtenues en fonction du temps de préparation.

Une approche descriptive a été entreprise et chaque mesure instrumentale, biochimique et sensorielle effectuée a été présentée en moyennes \pm écarts types.

7.2. Analyse de variance

L'analyse de variance est une méthode statistique qui permet de tester l'hypothèse d'homogénéité d'un ensemble de moyennes. Elle consiste à déceler les variations dues aux traitements appliqués au cours de la préparation.

De multiples analyses de variance (ANOVA) ont été réalisées au cours de ce travail de thèse. Une première ANOVA a été faite sur les mesures biochimiques et sensorielles afin d'étudier l'effet des différentes étapes de préparation (frais, marinade, cuisson et conservation). Tout en vérifiant la présence des différences significatives entre les échantillons étudiés. Quand un effet significatif a été mis en évidence par l'ANOVA, le test de Tukey a été appliqué pour déterminer les niveaux de significativité entre les différents groupes. Les lettres a, b, c, d, etc, indiquent des différences significatives au seuil de signification fixé à 0,05.

L'expérimentation portant sur l'étude de l'évolution structurale a nécessité la réalisation d'un test ANOVA dans le but d'étudier les effets des 5 périodes investiguées (« frais », salage

et marinade, cuisson, et conservation) sur la surface des fibres, de l'espace extracellulaire et le tissu conjonctif des échantillons. Comme précédemment, l'ANOVA a été complétée par un test de Tukey, dès qu'un effet significatif a été observé.

Enfin, l'ensemble des données microbiologiques a fait l'objet d'une ANOVA et un test de Tukey afin de déceler les différences significatives de dénombrement microbien à $P < 0,05$ au cours de la préparation de *Khliia Ezir*.

7.3. Analyse des corrélations

Des analyses de corrélations de Pearson qui mesurent l'intensité de la liaison linéaire entre deux variables continues. Dans notre cas, les corrélations ont été calculées en utilisant le logiciel SAS 9.1. Les corrélations au seuil de signification $P < 0,05$ (*) et $P < 0,01$ (**) sont considérées significatives. Les valeurs de $P < 0,001$ (***) sont considérées comme significatives, et les valeurs de $P > 0,05$ sont considérées comme non significatives (NS).

7.4. Analyse en Composantes Principales (ACP)

Cette analyse statistique a été utilisée dans notre étude lors de la caractérisation de *Khliia Ezir*. Le but de l'analyse en composante principale (ACP) est de représenter les informations fournies par une série de variables mesurées. A partir de combinaisons linéaires, les variables initiales sont transformées en variables indépendantes, ou composantes principales (axe), parmi lesquelles un nombre restreint est choisi. Le but est de visualiser les relations entre les paramètres étudiés ainsi que la distribution des groupes.

L'ACP réalisée dans ce travail a été conduite sous le logiciel SAS 9.1. L'ACP nous a permis d'appréhender et de montrer les différences entre groupes ou d'obtenir une meilleure visualisation des relations entre les caractéristiques quantitatives et les propriétés de la qualité recherchées de *Khliia Ezir*.

Résultats et discussion

**Aspects physicochimiques et
sensoriels de *Khliaa Ezir***

La qualité des produits carnés est la somme de trois composantes principales: la valeur nutritionnelle, la sécurité hygiénique et l'acceptabilité du consommateur (Combes et al., 2003 ; Zdolec ,2017). Cette dernière comprend un large éventail d'attributs sensoriels tels que la couleur, l'arôme, la saveur, la texture, la commodité et l'appréciation globale (Bennani et al., 2000; Sanabria et al.,2004 ; Daoudi et al., 2006 ; Petit et al., 2013).

Khliia Ezir est considéré comme un produit typique, traditionnel et authentique, La caractérisation physico-chimique et sensorielle du produit permet une meilleure maîtrise de la dynamique d'évolution des mécanismes impliqués au cours de la préparation et de mieux contrôler sa qualité finale.

La caractérisation de l'évolution des paramètres physico-chimiques à savoir : le pH, l'humidité, le taux de cendres et la concentration en myoglobine suivis en cinétique est réalisée tout au long des étapes de préparation des neuf échantillons (viande fraîche, marinade, cuisson et conservation).

Les résultats de notre étude ont été valorisés lors de « 61st International Congress of Meat Science and Technology, 23-28th August 2015, Clermont-Ferrand, France » en proceeding sous le titre : « *Khliia Ezir*, a traditional cured meat product of Algeria: preparation and characterization ».

1. Caractérisation physico-chimique de *Khliia Ezir* au cours des différentes étapes de préparation

1.1. Evolution du pH au cours de la préparation de *Khliia Ezir*

Le premier paramètre ayant une importance capitale dans la caractérisation de la viande et des produits carnés, est le pH. Les résultats de ce paramètre sont donnés dans la figure 3.1a.

Il en découle de la figure 3.1a que le pH augmente au cours des différentes étapes de préparation. En effet, le pH passe de $5,69 \pm 0,009$ (viande fraîche 48h post-mortem) pour atteindre une moyenne de $5,96 \pm 0,13$ au 21^{ème} jour de conservation. Les valeurs les plus élevés de ce paramètre ont été obtenus de la cuisson jusqu'au 21^{ème} jour de conservation et qui ne sont pas statistiquement différentes ($P > 0,05$). Ce résultat peut être expliqué par la libération de peptides et d'acides aminés à caractère basique (Lorenzo et al., 2007 ; Yu et al., 2015 ; 2016). Durant les sept jours de la marinade, les valeurs de pH sont statistiquement différentes ($P < 0,05$) de celles des autres étapes de préparation.

L'évolution du pH des produits carnés est étroitement lié au pH initial de la viande utilisée, au taux et à la nature des ingrédients incorporés, au processus appliqué (cuisson, séchage, fumage, marinade) (Roseiro *et al.*, 2010). Dans le cas de *Khliia Ezir*, la variation du pH est essentiellement due aux différents traitements appliqués au cours de la préparation à savoir la marinade, la cuisson et la conservation suite à un ensemble de réaction qui est probablement gouvernée par la protéolyse et l'oxydation.

Le pH initial de la viande bovine (48h post mortem) utilisée pour la préparation de *Khliia Ezir* est de $5,69 \pm 0,2$. Une chute significative a été observée après un jour de la marinade. Ce fait peut être dû à l'adsorption des ions de chlorure (Cl⁻) issu de sel sur les groupes chargés positivement de la myosine entraînant un décalage de son point isoélectrique vers un pH inférieur (Gregory, 1998; Puolanne et Halonen, 2010). En plus l'acidité de l'ail et des épices ajoutés jouent un rôle important dans l'abaissement du pH (Aksu et Kaya, 2002). Selon Rustom *et al.* (1995) ; Zdolec (2017), La chute de pH peut être attribuée à des réactions protéiques conduisant à la libération d'H⁺ libre.

L'augmentation des valeurs de pH à travers les processus de fabrication (marinade et conservation) pourrait être liée à la libération des molécules d'azote de faible poids moléculaire et la formation d'ammoniac qui sont principalement due aux activités des enzymes protéolytiques endogènes et exogènes (Martin, 2001).

1.2. Evolution de l'humidité

Le profil d'évolution de l'humidité de *Khliia Ezir* illustré dans la figure 3.1b se caractérise par une chute progressive et significative au cours de la marinade. Après cuisson, la teneur en eau diminue rapidement pour atteindre une valeur de $50,98 \pm 3,72\%$ au 8^{ème} jour de conservation. L'analyse de la variance révèle des différences significatives, au seuil de 5%, entre les premiers jours de la marinade et la période de conservation. Cependant, aucune différence n'a été observée au cours de la cuisson.

Les techniques de préparation et/ou de transformation (séchage, cuisson, fumage), les conditions de préparation ainsi que les teneurs en sel et épices conditionnent la teneur en eau des produit carnés transformés (Lizaso *et al.*, 1999 ; Lucke, 2000). Lors de la préparation de *Khliia Ezir*, une légère exsudation de l'eau durant les premiers temps de la marinade est observée. Le sel incorporé, une substance hygroscopique, conduit à une déshydratation osmotique provoquant un drainage de l'eau (Arnau *et al.*, 1993), pouvant induire des

modifications profondes dans l'aspect et la structure du produit. Néanmoins, l'effet le plus important est remarquable après la cuisson, qui est probablement dû à la déstructuration des protéines myofibrillaires et par conséquent des morceaux de viande, libérant l'eau emprisonnée dans l'espace interstitielle. L'effet du sel sur la teneur en eau a été décrit dans le *Pastirma* (Uğuz *et al.*, 2011). En outre, la diminution de la teneur en eau des produits carnés au cours du salage est due à la diffusion du sel engendrant un drainage d'eau et par conséquent, une déshydratation de la viande (Muriel *et Ventanas*, 2004).

Après cuisson, la teneur en eau diminue significativement ($P < 0.05$) par rapport à la viande marinée. Il a été rapporté que les viandes bouillies (une température à cœur de 80 °C), les pertes d'eau peuvent atteindre des valeurs allant de 40 à 50 % indépendamment du temps de cuisson (Lorenzo *et al.*, 2008). Durant la conservation, la teneur en eau de *Khliia Ezir* diminue pour atteindre sa valeur minimale au 8^{ème} jour de conservation. Ce phénomène a été également rapporté par Rubio *et al.* (2007) dans "*Cecina de León*" (un produit carné espagnol) et ayant utilisé l'huile d'olive pour la conservation du produit.

1.3. Evolution de taux de cendres

Les résultats de l'évolution du taux de cendres sont donnés dans la figure 3.1c. Le terme cendres désigne le résidu minéral du produit (ce qu'il en reste après combustion). Un taux aux alentours de 7% reste normal et acceptable. Au-delà de 8%, il convient d'être prudent : un excès de certains minéraux peut être nocif pour la santé. A partir de 13% (pour un aliment sec comportant en moyenne 10% d'humidité), la toxicité pour les reins est médicalement constatée (Dadalioglu *et al.*, 2004). Les résultats obtenus dans le cadre de *Khliia Ezir* varient globalement de 4 à 7%. La valeur la plus élevée a été enregistrée lors du stockage (21^{ème} jours de stockage) ; cela peut être expliqué par l'ensemble des épices et sel incorporé au cours de la préparation produit (Visessanguan *et al.*, 2005). La valeur la plus faible a été obtenue dans la viande fraîche en accord à ce qui a été souvent rapporté dans la littérature pour la viande rouge bovine (Mitterer-Daltoé *et al.*, 2012 ; Kim *et al.*, 2000 ; Canto *et al.*, 2016). De nombreux facteurs peuvent être à l'origine de la variabilité des taux de cendres, en particulier le taux en humidité.

1.4. Evolution de la concentration de la myoglobine

L'évolution de la concentration de la myoglobine au cours de la préparation de *Khliia Ezir* est donnée dans la figure 3.1d. De ces résultats, il ressort que les teneurs en myoglobine de

Khliia Ezir ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$) au cours des différentes étapes de la préparation.

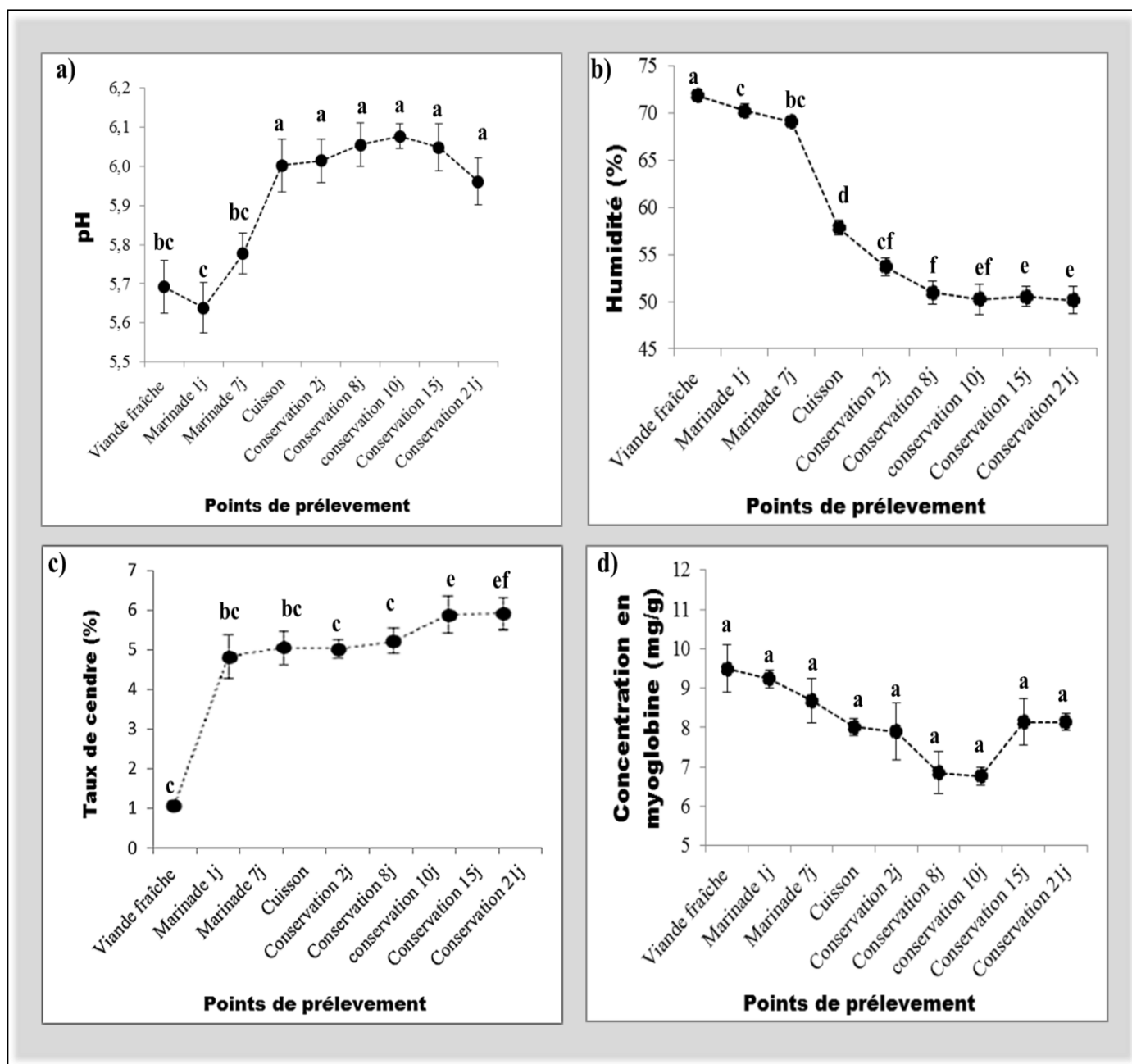


Figure 3.1. Cinétique de l'évolution des paramètres physicochimiques : **a)** pH, **b)** humidité, **c)** taux de cendres, **d)** concentration en Myoglobine.

Les prélèvements ont été réalisés tout au long des étapes de préparation des neuf échantillons (viande fraîche, marinade, cuisson et conservation). Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart-type de la moyenne. Les points de cinétiques accompagnés des lettres « a – f » et qui ne sont pas les mêmes sont différentes au seuil de signification de 5%.

A l'état frais, les différences de couleur de viande sont principalement attribuées aux deux composantes qui sont principalement liés au degré d'acidification (pH), qui modifie la luminosité du produit et la quantité de myoglobine qui détermine la saturation de la couleur (Sammel *et al.*, 2002a). Au cours de la conservation, une autre composante peut intervenir pour modifier la teinte du produit qui représente la qualité du pigment, à savoir sa forme chimique, qui évolue au cours du temps.

La coloration de la viande peut être affectée à partir d'une température de 45°C (Hunt *et al.*, 1999). L'élévation de la température engendre une dénaturation des protéines, qui entraîne une modification de leur structure. Cependant, la myoglobine est l'une des protéines sarcoplasmiques les plus stables à la chaleur, qui est presque dénaturée complètement entre 80 et 85 ° C (Seyfert *et al.*, 2004). Selon Lynch and Faustman (2000) ; Sammel *et al.* (2002b). Muramoto *et al.*(2003), le composé impliqué dans l'augmentation de la rougeur de la viande est l'hémochrome à globine, dans lequel le fer est à l'état Fe^{+2} . Sa couleur est généralement rouge terne. L'hémochrome globulaire, avec le fer à l'état Fe^{+3} , est en grande partie responsable de la teinte brune grisâtre. L'équilibre entre les hémochromes et les hémichromes est influencé par l'état de la viande avant la cuisson et par d'autres facteurs, notamment l'espèce, l'animal, la maturité et le type de muscle.

Au cours de la cuisson, la myoglobine subit une dénaturation et se précipite avec d'autres protéines dénaturées pour former les pigments bruns caractéristiques de la viande cuite (Zhu *et Brewer*, 2003). Lorsque la température de cuisson est supérieure à 90°C, d'autres réactions chimiques comme les réactions de Maillard (réactions entre sucres réducteurs et fonctions amines libres) interviennent dans l'accentuation du phénomène de brunissement de la viande (Phillips *et al.*, 2001 ; John *et al.*, 2004 ; Suman *et al.*, 2005). Il semble que l'ensemble de ces phénomènes et paramètres ont affecté les teneurs en myoglobine de *Khliia Ezir* (la figure 3.2c). Il a été remarqué que la concentration en myoglobine diminue progressivement au cours de la marinade et après cuisson dont la valeur la plus basse a été enregistrée au 8^{ème} jours de conservation (6,86 mg/g \pm 0,54).

Au cours de la conservation de *Khliia Ezir*, le développement d'une couleur rouge pourpre au rose est remarquable dans les 9 préparations. Il a été rapporté que le pH élevé protège la myoglobine de la dénaturation par la chaleur, en permettant le maintien de la couleur rouge ou rose pendant et après la cuisson (Hunt *et al.*, 1999 ; Lien *et al.*, 2002). La figure 3.2d illustre l'aspect et la couleur de *Khliia Ezir* au cours 21j de conservation.

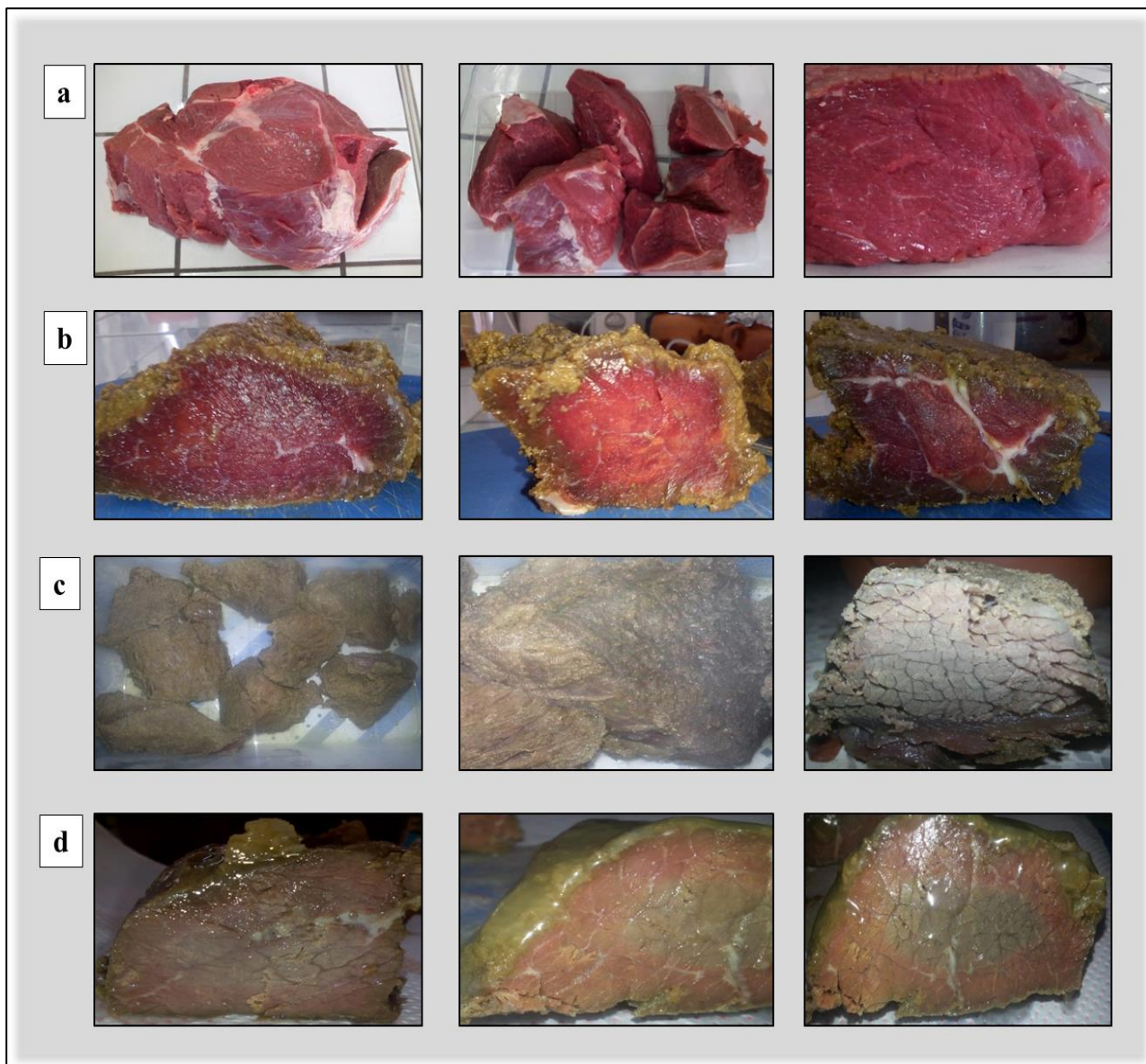


Figure 3.2. Aspect et couleur de *Khliia Ezir* au cours des différentes étapes de sa préparation. **a)** Viande fraîche 48h *post-mortem*, **b)** Viande marinée dans le sel et un ensemble d'épices pendant 7 jours à température ambiante, **c)** viande cuite à 80C° pendant 90 min, **d)** *Khliia Ezir* à 21 jours de conservation dans une jarre en terre cuite imbibé dans l'huile d'olive et de la graisse animale.

Les travaux de [Mancini et al., \(2005\)](#) ont rapporté que les produits carnés cuits à base de viande porcine peuvent développer une couleur rose au cours du stockage. En effet, un produit cuit et conservé peut progressivement subir une réversion de la couleur, de plus en plus rose ou rouge au fil du temps. Le mécanisme de développement de la couleur rose (retour de rougeur) au cours du stockage n'est pas entièrement compris. Dans des extraits musculaires de bœuf chauffés, la Metmyoglobine peut être chimiquement réduite, produisant

une couleur rouge suite à la formation d'une pseudo oxymyoglobine par le système de réduction NADH-Metmyoglobine (Osborn *et al.*, 2003).

Des résultats similaires ont été rapportés au cours de la préparation du *Pastirma* (Aksu and Kaya 2001 ; Soyer and Ertas, 2005). En fait, la fabrication du *Pastirma* dure environ 30 jours dans laquelle la myoglobine atteint ses trois formes chimiques. Il a été remarqué qu'après avoir enrobé le *Pastirma* avec le « Çemen » (un ensemble d'épices et de condiments), la met-myoglobine se converti en oxy-myoglobine en développant une couleur rosé. Ce processus fournit un environnement anaérobie qui isole la viande coupée d'un contact supplémentaire avec l'oxygène. Cela peut s'expliquer par l'hypothèse de Swatland (Swatland ,1994) selon laquelle, après une exposition prolongée à l'atmosphère, les atomes de fer de la myoglobine pourraient être convertis en forme ferrique, entraînant la formation de Met- myoglobine brun. La Met- myoglobine peut être chimiquement réduite en utilisant des matériaux d'emballage naturels. Dans le cas du *Pastirma*, « Çemen » est considéré comme l'un de ces excellents emballages naturels (Gök *et al.* 2008).

2. Caractérisation de la qualité sensorielle de *Khliia Ezir*

2.1. Profil sensoriel de *Khliia Ezir*

Le profil sensoriel moyen des neuf préparations de *Khliia Ezir* préparés au laboratoire est illustré dans la figure 3.3. Les échantillons à 21 jours de conservation ont été évalués durant trois séances d'analyse sensorielle. En fait, une liste de 16 attributs est utilisée pour décrire les propriétés organoleptiques de *Khliia Ezir*.

Nous constatons que les membres du panel de dégustation perçoivent que les attributs sensoriels décrivant la texture ainsi que l'odeur sont les plus intenses. Contrairement au goût, nous notons une faible intensité pour chacun de ses descripteurs (goût de rance, goût acide, goût piquant).

L'analyse de variance a montré des différences significatives ($P < 0,05$) au niveau de l'appréciation globale des neuf produits. Par contre, aucune différence significative n'a été observée au niveau des autres attributs.

La tendreté est une qualité sensorielle primordiale pour le consommateur des produits carnés (Tabilo *et al.* 1999 ; Wilkinson *et al.*, 2000). Elle est défini comme étant la somme de sensations perçues lors de la mastication de la viande et désigne la facilité avec laquelle celle-

ci se laisse trancher ou mastiquer (Ouali et al. 2006). A l'inverse, la dureté désigne la résistance que la viande présente au tranchage ou à la mastication (Evrat-Georgel, 2008). Il apparaît clairement que *Khliia Ezir* est estimé très tendre avec un score de $(6,08 \pm 1,26)$. Ce qui est en accord avec les scores attribués pour la mastication et la cohésion. La protéolyse des protéines structurales de muscle est le principale mécanisme biochimique responsable de l'attendrissement progressif de la viande durant la préparation (Rico et al., 1990 ; Toldra, 2006 ; González et Ockerman, 2002). L'action de sel et l'ensemble des épices ajoutées, l'effet de cuisson ainsi le temps de conservation influe étroitement sur la tendreté du produit fini (Monin et al., 1997).

Par ailleurs, la jutosité de *Khliia Ezir* a été jugée comme étant acceptable, les membres de jury ont attribué un score de $(5,74 \pm 0,79)$ (la figure 3.3). La jutosité représente la quantité du suc musculaire relâchée par la viande quand on la presse, ou quand on la mâche, donc c'est une caractéristique perçue lors de la mastication de la viande (Vierling, 2003). Au cours de la mastication, on distingue la jutosité initiale ou première jutosité, quantité de suc musculaire qui s'écoule dans la bouche aux premières mastications, et la jutosité finale ou seconde jutosité, engendrée par la salivation.

Sur le plan gustatif, le goût salé de *Khliia Ezir* est apprécié et jugé moyen par la plus part des membres du panel. Ces derniers se mettaient en accord pour attribuer des faibles scores pour le goût acide, gras et le goût de rance (la figure 3.3).

En ce qui concerne les attributs d'odeur et d'arôme, *Khliia Ezir* est caractérisé par une intensité d'odeur très élevée. Ces résultats montrent que les attributs qui caractérisent *Khliia Ezir* sont plutôt liés aux arômes d'épices utilisés durant la préparation et qui se développent au cours du temps de conservation en interagissant avec les peptides et/ou protéines libérés. Ceci s'explique par le fait qu'au cours de la préparation et la conservation, de nombreux précurseurs interagissent pour conférer à *Khliia Ezir* ces caractéristiques d'arômes et du goût typique. De nombreuses études ont étudiés le rôle d'épices et des produits volatiles issus de la préparation des produits carnés traditionnels (Ruiz-Ramirez et al., 2002 ; Lorenzo et al., 2008 ; Spaziani et al., 2009 ; Benkerroum, 2013). Kayaardi et al. (2005) ont constaté que les propriétés sensorielles (apparence, de goût et de texture) de *Kavurma* augmentent par l'addition des épices entre autres le gingembre et thym.

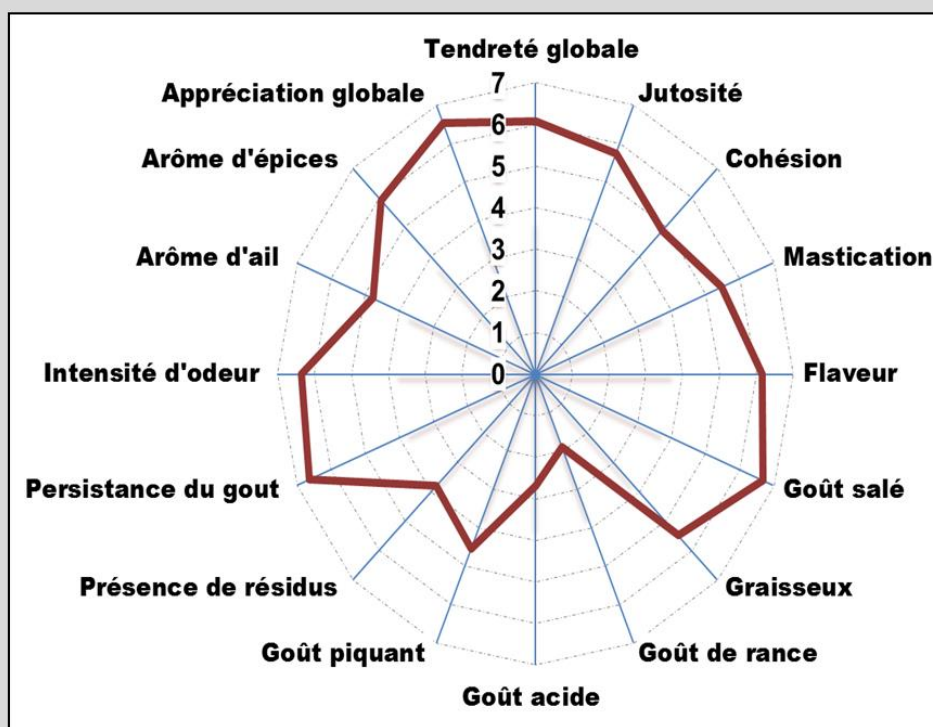


Figure 3.3. Profil sensoriel moyen des neuf préparations de *Khliia Ezir* à 21 jours de conservation évaluées sur une échelle non-structurée de 0 – 10. Une liste de 16 attributs est utilisée pour décrire les propriétés organoleptiques de *Khliia Ezir*.

L'appréciation globale ou l'acceptabilité d'un produit alimentaire est une caractéristique qui nécessite l'intervention de nombreux sens et qui détermine l'intensité du plaisir à manger le produit. Dans le cas des viandes, cet attribut hédonique est d'une importance capitale lors de la commercialisation d'un produit (Ruiz-Ramirez *et al.*, 2002; Gagaoua *et al.*, 2013).

La perception de la palatabilité de *Khliia Ezir* est dérivée d'une interaction complexe de processus physiques et sensoriels au cours de la mastication des morceaux évalués. Généralement, la tendreté, la jutosité et la flaveur/arôme sont les attributs de palatabilité communément utilisés pour décrire les caractéristiques typiques du produit. *Khliia Ezir* est jugé très apprécié par les membres du jury qui ont attribué un score élevé pour l'appréciation globale et qui ont jugé le produit très bon avec un goût et une flaveur caractéristiques.

2.2. Estimation de l'évolution de la tendreté par pénétrométrie

La tendreté est le critère de qualité le plus important pour le consommateur. Elle mesure la facilité avec laquelle la structure de la viande peut être désorganisée au cours de la

mastication (Ouali et al., 2006). L'estimation de la tendreté peut être exprimée par la profondeur de la pénétration mesurée en mm ou unité de pénétration (1 UP = 0.1 mm).

La tendreté de la viande et les produits carnés est fortement liée à la teneur finale en eau ainsi le degré de dégradation de protéines (Robert et Lanore, 2003). L'effet de plusieurs facteurs à savoir : (la teneur en sel, le temps de salage, et la température appliquée lors de la préparation, les conditions de conservation) sur la texture des produits carnés fait l'objet de plusieurs investigations (Desmond, 2006; Gou et al., 2008 ; Astruc, 2010).

Les résultats de l'évolution de la tendreté par mesure des profondeurs de pénétration en cinétique (de la viande fraîche jusqu'au 21^{ème} jour après cuisson) sont représentés dans la figure 3.4.

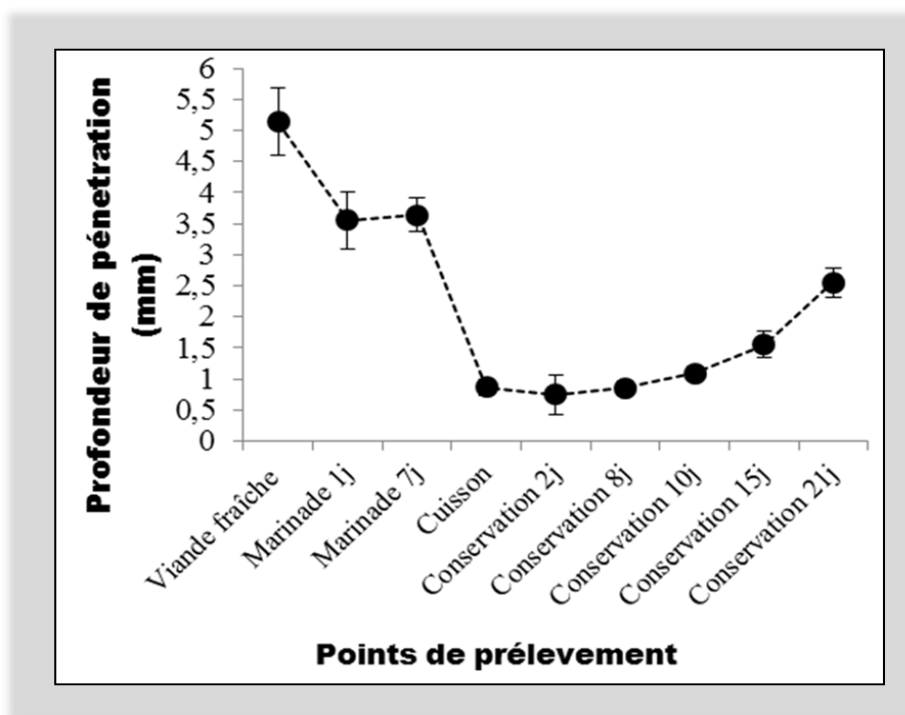


Figure 3.4. Profil d'évolution de la tendreté (la profondeur de pénétration) estimée par pénétrométrie au cours des différentes étapes de la préparation de *Khliaa Ezir*.

Le profil de l'évolution de la profondeur de pénétration du *Khliaa Ezir* au cours de sa préparation se caractérise par la succession de quatre phases différentes ; dont la première montre une chute significative dans la profondeur de pénétration dès le premier jour de marinade, d'une valeur de $(5,14 \pm 0,73$ au $2,75 \text{ mm} \pm 0,5)$. La deuxième phase se caractérise par une stabilisation jusqu'au 7^{ème} jour de marinade. Après cuisson, une troisième phase

s'installe où la profondeur de pénétration atteint sa valeur minimale en passant de ($4,69 \pm 0,06$ au $0,3 \pm 0,1$). Une augmentation progressive de la profondeur de pénétration de 10^{ème} au 21^{ème} jour de conservation représente la quatrième phase de l'allure.

La diminution de la profondeur de pénétration remarquée au cours de la marinade de *Khliia Ezir* est un phénomène déjà décrit par [Bourahla et Djimli \(2016\)](#), et qui est due à l'exsudation de l'eau, observée au cours des premiers temps de la marinade à cause du sel incorporé à raison de 9%. Selon [Arnau et al., \(1992\)](#), la déshydrations osmotique de la viande provoquant un drainage de l'eau peut induire des modifications profondes dans l'aspect et la tendreté du produit. D'après la littérature, beaucoup de travaux ont pour objectif d'analyser la texture des produits carnés, notamment au cours de salage et durant la maturation du produit; toutefois, plusieurs recherches ont montrés clairement la relation existant entre protéolyse, texture et structure dans les jambons salés au cours de l'étape de salage_ marinade ([Gou et al., 2008](#) ; [Harkouss et al.,2012](#)). [Robert et Lanaurd \(2003\)](#), rapportent également dans le cas de jambon sec que la teneur en sel incorporé, ainsi que le temps de salage influencent profondément la texture du produit fini.

Khliia Ezir subi une cuisson à 80C° pendant 90 min. Cette dernière conduit à une chute remarquée de la profondeur de pénétration. Cela peut être expliqué d'après [Astruc \(2014\)](#), soit par la destruction d'une forte gamme des protéines myofibrillaires, libérant l'eau emprisonnée dans l'espace interstitielle ce qui augmente la cohésion et le rétrécissement des fibres, soit par la dénaturation des protéines qui conduit à l'exposition des résidus hydrophobes et leurs interactions qui conduisent à la formation d'agrégats (protéines_ protéines) ([Ham, 1977](#) ; [Astruc, 2010](#)).

Durant la conservation, une augmentation de la profondeur de pénétration a été notée. Au cours de cette étape, la viande est imbibée dans l'huile d'olive, qui peut probablement jouer un rôle dans l'attendrissement de la viande.

3. Composition et caractérisation moyenne de *Khliia Ezir* à 21 jours de conservation

Les résultats de la composition moyenne de *Khliia Ezir* à 21 jours de conservation ainsi que son analyse sensorielle ont été donnés dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1 Analyse descriptive des paramètres physico-chimiques et attributs sensoriels étudiés des neuf préparations de *Khliia Ezir* à 21 jours de conservation.

Paramètres		Moyenne	Ecart-type	Min	Max
Paramètres physico-chimiques	pH	5,96	0,17	5,75	6,23
	Humidité (%)	54,83	3,97	46,77	58,47
	Concentration de myoglobine (mg/g)	7,70	6,26	0,82	19,95
	Taux de cendres (%)	6,54	1,30	4,90	9,03
Attributs sensoriels (0 – 10)	Tendreté globale	6,09	1,19	3,33	7,69
	Jutosité	5,75	0,73	4,21	6,44
	Cohésion	4,87	1,33	2,40	6,63
	Mastication	5,46	1,65	2,22	7,22
	Flaveur	6,15	0,95	4,17	7,46
	Goût salé	6,69	1,57	3,94	8,71
	Goût gras	5,49	0,88	3,12	6,23
	Goût de rance	1,90	0,51	1,32	3,06
	Goût acide	2,69	0,81	1,34	3,65
	Goût piquant	4,54	1,46	2,52	6,85
	Présence de résidus	3,81	1,52	1,95	6,21
	Persistance du goût	6,64	0,47	5,96	7,45
	Intensité d'odeur	6,36	0,98	4,49	7,90
	Arôme d'ail	4,77	1,57	2,02	7,20
	Arôme d'épices	5,92	1,22	4,38	8,25
Appréciation globale	6,54	0,64	5,46	7,43	

C'est la première étude qui apporte la composition moyenne de *Khliia Ezir* prêt pour consommation. En plus de la fiche technique du produit récemment élaboré de *Khliia Ezir* (Boudechicha, 2014), ces résultats sont plus fiables en étudiant un ensemble de neuf préparations dont les analyses ont été réalisées en triplicatas Boudechicha *et al.* (2015) (publication suivante)

4. Comparaison de la composition physicochimique de *Khliia Ezir* avec certains produits carnés traditionnels

Afin de pouvoir situer *Khliia Ezir* correctement par rapport aux produits carnés du monde. Une comparaison des caractéristiques physicochimiques est indispensable. Le tableau 3.2 représente la composition physicochimique moyenne de certains produits à base de viande (moyennes \pm écarts-types (S.D.)).

Il apparaît clairement que *Khliia Ezir* est un produit carné à humidité intermédiaire dont la teneur en eau dans le produit fini est de (54,83 % \pm 3,97). Contrairement au *Kavurma* qui représente une faible humidité (24.84 % \pm 1.32) (Kayaardi et al., 2005). En fait, les produits carnés peuvent être divisés en trois groupes selon la teneur en humidité du produit fini, tels que définis par Marshall et Bal'a (1998) et Leistner (2000b) en : (i) produits carnés secs (<15% d'humidité) tels que *Dambu-Nama*, (ii) produits carnés à humidité intermédiaire (15% à 50% d'humidité) entre autres *Khliia Ezir*, *Chorizo of Cebolla*, *pastirma*, *Salpicão* et (iii) produits à base de viande fraîche (> 50% d'humidité), notamment la *Merguez*.

Plusieurs facteurs conditionnent le pH final des produits carnés, ce dernier est étroitement lié au pH initial de la viande utilisée, au taux et à la nature des ingrédients incorporés et au processus appliqué (cuisson, séchage, fumage, marinade) (Roseiro et al., 2010). Le pH de *Khliia Ezir* est de (5,96 \pm 0,17) vs *Kavurma* (6.23 \pm 0.05) vs *Pastirma* (5.86 \pm 0.18).

Khliia Ezir est caractérisé par une teneur en matière grasse plus ou moins élevée (27,42% \pm 3,86) (Boudechicha et al., 2015), cela pouvait être justifié par le fait que c'est un produit conservé dans la matière grasse (2/3 huile d'olive et 1/3 graisse animale). Des résultats similaires ont été rapportés dans le *Kavurma* (36.8 % \pm 3.30) et *Chorizo of Cebolla* (21.2 % \pm 1.93). La teneur en matière grasse des produits carnés dépend étroitement de la teneur initiale de la viande utilisée et la nature des ingrédients rajoutés au cours de la préparation (Kayaardi et al., 2005).

La teneur en cendres des produits carnés cités dans notre étude varie de 3 à 7%. Les valeurs maximales sont enregistrées dans le *Pastirma* (7.08 % \pm 0.97) vs *Khliia Ezir* (6,54 % \pm 1,30). Il a été rapporté dans la littérature que l'origine de la variabilité des taux de cendres est due au taux en humidité et aux quantités de sel et des épices incorporées (Dadalioglu et al., 2004 ; El Malti et Amaouche, 2008).

Table 3.2. Composition physicochimique moyenne de certains produits carnés traditionnels (moyennes \pm écarts-types (S.D.)).

Produits carnés	Origine	Composition globale					Références
		pH	Humidité (%)	Matière grasse (%)	Protéines (%)	Taux de cendres (%)	
<i>Khliia Ezir</i>	Algérie	5,96 \pm 0,17	54,83 \pm 3,97	27,42 \pm 3,86	43.75 \pm 0.53	6,54 \pm 1,30	Notre etude
<i>Chorizo of Cebolla</i>	Espagne	6.02 \pm 1.01	63.73 \pm 7.97	21.2 \pm 1.93	66.07 \pm 2.02	4.01 \pm 0.71	Salgado et al.,2005
<i>Salpicão</i>	Portugal	5.3 \pm 1.01	41.7 \pm 8.9	16.2 \pm 8.0	35.3 \pm 4.02	////////	Ferreira et al., 2007
<i>Pastirma</i>	Turquie	5.86 \pm 0.18	47.56 \pm 5.29	8.80 \pm 5.58	//////////	7.08 \pm 0.97	Çakıcı et al., 2015
<i>Kavurma</i>	Turquie	6.23 \pm 0.05	24.84 \pm 1. 32	36.8 \pm 3.30	38.6 \pm 5.08	3.81 \pm 0.02	Kayaardi et al., 2005
<i>Tsire</i>	Niger	5.93 \pm 0.08	34.20 \pm 1.24	13.48 \pm 0.13	39.61 \pm 1.27	6.60 \pm 0.19	Apata et al., 2013
<i>Dambu-Nama</i>	Niger	6.04 \pm 0.02	5.50 \pm 0.01	15.65 \pm 0.03	46.51 \pm 0.03	5.76 \pm 0.02	Eke et al., 2012

5. Analyse globale des données acquises

5.1. Recherche des corrélations entre les différents paramètres étudiés

L'observation de variations concomitantes des paramètres étudiés nous suggèrent la recherche d'éventuelles relations entre les différentes variables physico-chimiques et sensorielles au cours de la préparation et la conservation de *Khliaa Ezir*. A cette fin, un test de corrélation a été effectué pour révéler les liens entre les paramètres étudiés. Il est donc important de déterminer quelles variables physicochimiques sont susceptibles d'expliquer les caractéristiques sensorielles finales de *Khliaa Ezir*.

Les analyses des corrélations entre les paramètres (physico-chimiques et sensoriels) étudiés sont présentées dans le tableau 3.3.

La qualité de viande est connu être influencée par le pH. Ce dernier est l'un des paramètres chimiques les plus importants pour le profil qualitatif de la viande et les produits carnés et il est largement utilisé comme prédicteur des qualités technologiques et sensorielles (Salgado et al., 2004 ; Lorenzo et al., 2008). Durand (2005) a rapporté des corrélations significatives entre le pH et les paramètres technologiques des produits carnés.

Nous avons trouvé dans notre cas des corrélations positive entre le pH et l'humidité de *Khliaa Ezir* ($r = 0,80$; $P < 0,005$). Il est bien connu que lors de l'acidification de la viande, la diminution de la charge des protéines et l'augmentation de leurs hydrophobicités provoquent la diminution de la rétention d'eau (Huff-Lonergan et Sosnicki, 2002).

Dans le cas des produits carnés cuits, l'humidité affecte l'ensemble des paramètres physicochimiques entre autres la concentration de la myoglobine. Ces résultats corroborent à ceux trouvé dans *Khliaa Ezir*, une corrélation positive entre l'humidité et la concentration en myoglobine a été constaté ($r = 0,58$). Des résultats similaires ont été rapportés dans le "cecina" ; Sanabria et al. (2004) ont trouvé que la perte d'humidité provoque une diminution de la concentration de pigment (myoglobine) surtout au cours du salage.

Une corrélation positive entre le taux de cendres et la concentration en myoglobine a été révélée dans notre étude ($r = 0,86$). Le taux de cendres permet de juger la richesse ou la pauvreté de la viande en élément minéraux; entre autres le fer ; qui se trouve abondamment dans la myoglobine (Kaya, 1995).

Tableau 3.3. Analyse des corrélations entre les paramètres (physico-chimiques et sensoriels) étudiés pour les neuf préparations de *Khliia Ezir* déterminés à 21 jours de conservation.

Variables	pH	Hum	[myo]	TC	GT	JUIC	CO	MA	FL	GS	GSX	GR	GA	PI	RS	PG	IO	AA	AE
Hum	0,80																		
[myo]	0,36	0,58																	
TC	0,44	0,55	0,86																
GT	-0,16	-0,08	0,05	-0,23															
JUIC	0,24	0,16	0,26	0,48	0,30														
CO	-0,57	-0,60	-0,42	-0,63	0,41	0,00													
MA	-0,62	-0,62	-0,55	-0,82	0,33	-0,43	0,83												
FL	-0,89	-0,73	-0,15	-0,20	0,01	-0,22	0,43	0,49											
GS	-0,82	-0,73	-0,37	-0,34	-0,39	-0,40	0,45	0,47	0,79										
GSX	-0,29	-0,43	-0,32	-0,36	-0,51	-0,41	0,49	0,52	0,28	0,67									
GR	0,32	0,00	-0,15	-0,14	0,29	0,41	0,27	0,08	-0,56	-0,37	0,13								
GA	0,06	0,07	0,35	0,49	-0,17	0,06	-0,54	-0,38	-0,10	-0,10	-0,12	0,18							
PI	-0,69	-0,67	-0,07	-0,15	0,20	0,14	0,64	0,34	0,73	0,63	0,21	-0,21	-0,37						
RS	-0,66	-0,75	-0,66	-0,58	-0,38	-0,44	0,44	0,52	0,69	0,86	0,58	-0,41	-0,40	0,53					
PG	-0,04	0,16	-0,20	-0,28	-0,50	-0,60	0,02	0,06	-0,13	0,39	0,44	-0,17	-0,21	-0,10	0,29				
IO	-0,59	-0,31	-0,03	-0,06	0,09	0,15	0,46	0,25	0,72	0,52	0,06	-0,57	-0,56	0,73	0,51	-0,04			
AA	-0,21	-0,05	0,12	0,17	-0,65	-0,21	0,11	0,10	0,46	0,57	0,62	-0,50	-0,20	0,22	0,48	0,30	0,53		
AE	-0,41	-0,56	-0,69	-0,69	0,03	-0,23	0,50	0,40	0,33	0,47	0,19	-0,19	-0,72	0,56	0,74	0,28	0,44	-0,02	
OL	0,75	0,83	0,34	0,46	0,04	0,53	-0,43	-0,67	-0,84	-0,72	-0,47	0,37	0,07	-0,54	-0,74	0,08	-0,33	-0,29	-0,40

Abréviations : **Hum** : Humidité ; **[myo]** : Concentration de myoglobine ; **TC** : Taux de cendres ; **GT** : Tendreté globale ; **JUIC** : Jutosité ; **CO** : Cohésion ; **MA** : Mastication ; **FL** : Flaveur ; **GS** : Goût salé ; **GSX** : Goût gras ; **GR** : Goût de rance ; **GA** : Goût acide ; **PI** : Goût piquant ; **RS** : Présence de résidus ; **PG** : Persistance du goût ; **IO** : Intensité d'odeur ; **AA** : Arôme d'ail ; **AE** : Arôme d'épices ; **OL** : Appréciation globale.

Les corrélations significatives au seuil de signification de 5% ont été données en gras.

Les caractéristiques sensorielles, en particulier la tendreté, la cohésion, la mastication et l'appréciation globale avaient des corrélations significatives entre elles et les coefficients de corrélation varient de ($r = 0,75$ à $r = 0,83$) ($P < 0,05$). Plusieurs études ont révélées une relation positive entre la tendreté et l'appréciation globale (Gagaoua et al., 2013 ; Boudechicha et al., 2015). Cependant, une corrélation positive entre l'appréciation globale et l'humidité a été remarquée avec un coefficient de corrélation élevé ($r = 0,83$).

La quantité du sel utilisé dans la préparation de *Khliia Ezir* est à raison de 9%. Cette dernière influe considérablement les qualités physicochimiques et sensorielles du produit fini. Les corrélations présentées ont confirmé la contribution du sel dans la variation de la qualité de *Khliia Ezir*. Les variables semblant corrélées avec la teneur en sel (goût salé) sont l'humidité, appréciation globale, la flaveur ($r = -0,73$, $r = -0,74$, $r = 0,79$) respectivement.

5.2. Analyses en composante principale (ACP)

L'analyse en composantes principales des données expérimentales des caractéristiques physicochimiques et sensorielles des échantillons de *Khliia Ezir* à 21j de conservation a permis de dégager certaines remarques. Rappelons que cette analyse permet de représenter visuellement des individus « p » en fonction de « n » variables. Les représentations graphiques des directions de l'axe 1 et 2 sont déterminées de manière à disperser au maximum les individus en fonction des données recueillies. Les projections sur les axes des corrélations entre les variables et les axes (représentées en flèches) permettent de situer les individus les uns par rapport aux autres en fonction de l'ensemble des variables qui les caractérisent. Dans notre cas « p » est égale à 09 échantillons de *Khliia Ezir* et 20 variables (décrivant les paramètres physicochimiques, texture, flaveur, perception globale).

5.2.1. Distribution graphique des paramètres étudiés

La projection sur les deux premiers axes de l'analyse en composantes principales (ACP) de l'ensemble des variables étudiées sur les neuf préparations de *Khliia Ezir* est illustrée dans la figure 3.5. Les deux axes expliquent 58,6% de la variabilité, la première composante expliquant 42,5% de la variabilité se caractérise principalement par 3 attributs de la texture (cohésion, mastication et présence de résidus), 6 attributs de la flaveur (arômes d'épices, goût piquant, intensité d'odeur, flaveur, goût salé et goût gras) à droite et par l'appréciation globale et le goût salé et tous les paramètres physico-chimiques à gauche. Par ailleurs, la deuxième composante expliquant 16,1% de la variabilité est principalement caractérisée par la

tendreté et goût de rance en haut et par l'arôme d'ail en bas. Nous avons rapporté auparavant les corrélations existantes entre les différents variables et qui ont été approuvés par l'ACP.

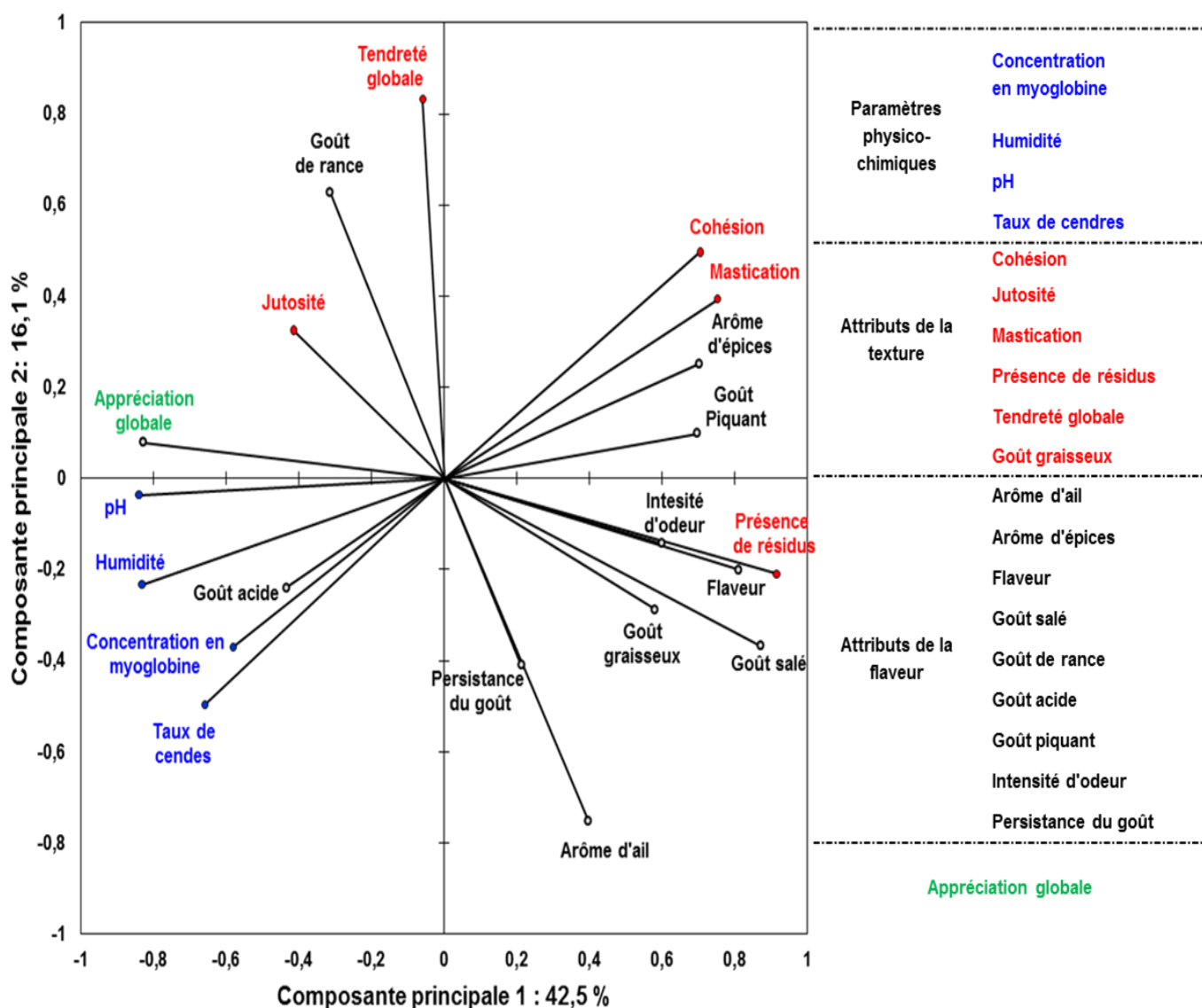


Figure 3.5 Analyse en composante principale (ACP) entre les paramètres physico-chimiques et attributs sensoriels évalués à 21 jours de conservation de *Khliia Ezir*.

5.2.2. Distribution graphique des préparations sur la base de l'ensemble des variables mesurées

La représentation graphique des échantillons étudiés sur la base des variables mesurées est présentée dans la figure 3.6.

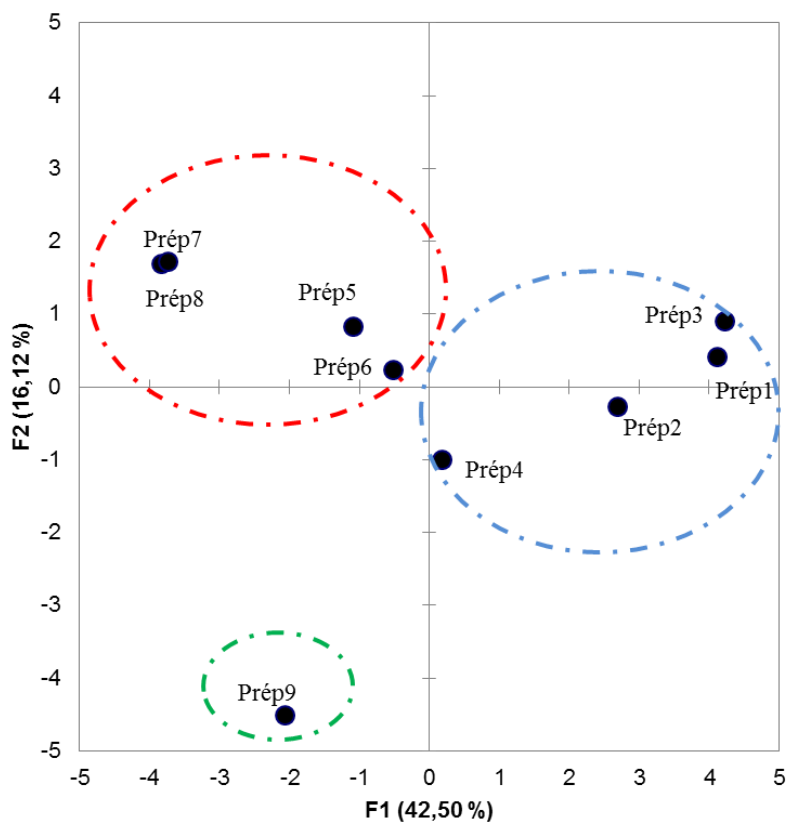


Figure 3.6. Bi-plot de la distribution des neuf échantillons de *Khliaa Ezir* préparés.

L'ACP montre clairement son potentiel à discriminer les paramètres physico-chimiques et attributs sensoriels notamment ceux liés à la flaveur et texture des neuf préparations de *Khliaa Ezir*. Ce constat peut être exploité pour la maîtrise de l'évolution des caractéristiques du produit lors de sa commercialisation ou une éventuelle substitution d'un composé donné pour une amélioration ou adaptation de *Khliaa Ezir*.

***KHLIAA EZIR*, A TRADITIONAL CURED MEAT PRODUCT OF ALGERIA: PREPARATION AND CHARACTERIZATION**

Hiba-Ryma BOUDECHICHA¹, Mohammed GAGAOUA¹, Kahina HAFID¹, Samira BECILA¹,
Abdelghani BOUDJELLAL¹, Thierry ASTRUC²

³ Equipe Maquav, INATAA, Université des Frères Mentouri Constantine 1, Route de Ain El-Bey, 25000 Constantine, Algeria

² QuaPA, UR 370, INRA, 63122 Saint-Genès Champanelle, France

Abstract – *Khliaa Ezir*, is a traditional cooked cured meat product of Algeria prepared using fresh boneless meat. The aim of this study is to describe its typical traditional diagram process and its overall composition and sensory profile. The results showed that *Khliaa Ezir* product presented intermediate moisture content 40.7% (± 0.5) with an average pH value of 6.04 (± 0.12) in the final product. Fat and protein contents values were 10.8% (± 0.32) and 43.75% (± 0.53) respectively, while the ash content was around 3.46% (± 0.36). The microbiological results showed that the bacterial counts were relatively low, indicating a good hygienic quality. Regarding sensorial characteristics, *Khliaa Ezir* showed high values for global tenderness (5.98 \pm 0.12), garlic odour (4.21 \pm 0.3) and intensity of flavour (6.14 \pm 0.22) and low scores for juiciness (2.92 \pm 0.45) and acidic flavour 2.99. The hedonic test revealed a high score for overall liking (6.16 \pm 0.25).

Key Words – *Khliaa Ezir*; traditional meat product; Algeria; Characterization; Sensory profile.

I. INTRODUCTION

Traditional meat products have always accompanied people living in different areas of the world. They constitute a heritage transferred from generation to another through centuries. These typical products constitute an integral part of the gastronomic culture, tradition and local economy of countries. The cultural diversity of the regions, the different traditional methods of preservation and specific recipes, all contributed to the diversity of the available meat products over the world [1, 2]. Several traditional meat products exist in the Mediterranean countries since highest antiquity [3]. Many of them are prepared only in restricted geographical areas and consumed locally by families in religious feasts. In Algeria, numerous traditional meat products can be found and the most known is *El Gueddid* or *Kaddid*, prepared by salting and sun drying. Among the less known we found *Khliaa Ezir*, *Laknaf* and *Frigat*. *Khliaa Ezir* seems to be the only

ripened traditional cured meat produced and consumed in the North East of Algeria [4]. Depending on the livestock facilities in each region, beef, lamb, goat or camel meat can be used for *Khliaa Ezir* preparation. The particularity of its traditional process is the ripening step in earthenware jar (*Ezir*) able to be preserved for more than 1 year. This highly appreciated product, believes now poorly studied and little scientific information is available. For overall characterization of *Khliaa Ezir*, our investigations targeted the North-East of Algeria to surround all the available information in its geographical delimitation. The present paper aims to give a global characterization of the product concerning its preparation diagram, chemical and microbiological composition and sensory profile.

II. MATERIALS AND METHODS

A field survey was conducted in different local households still preparing the product in the North-East of Algeria. *Khliaa Ezir* is made from fresh boneless meat. The beef meat cuts (5 – 8 cm of length, 4 – 6 cm thick) were mixed with salt, caraway, coriander and garlic, and then marinated for 7 days before cooking at 80°C on water. After that, the cooked meat was immersed in a mixture of melted bovine fat and olive oil and preserved in an earthenware jar (*Ezir*). Three samples of *Semimembranosus* muscle (≥ 2 kg) of beef obtained from a local butcher and aged for approximately 4 days were used to prepare three manufacturing experiments of *Khliaa Ezir* following to the traditional diagram described in Fig. 1. Global composition in triplicate: moisture, proteins (N-total) and ash were determined [5]. Total fat content was determined using the *Soxhlet* method [6]. pH was recorded with a pH meter (Hanna Instruments,) after mixing 1 g of sample in 10 ml of distilled water [7]. For microbiological analyses, aseptically collected samples were used to: (a) total viable count on Plate

Count Agar (PCA); (b) *Enterobacteriaceae* by plating in violet red bile glucose agar at 30°C for 24 h; (c) fecal *Enterococci* on Violet Red Agar (VRBA) at 42°C for 24 h; (d) yeasts and moulds on Malt Extract Agar at 25°C for 48 – 72 h; (e) sulphite reducing *clostridia* on SPS Agar incubated anaerobically at 37°C for 72 h; (f) Lipolytic bacteria were enumerated on Blue Victoria medium at 30°C for 72 h and (g) *Salmonella*.

For sensory evaluation a trained ten-member panel consisting of researchers and PhD students was used to evaluate the three products. *Khliia Ezir* samples were taken directly from *Ezir*, cut into 3 slices of 3 cm thick, and served to the judges in white plates in a randomized order. A cup containing water (90%) and apple juice (10%) was used to cleanse the palate between tastes [8]. All the sessions were conducted mid-morning. A list of 14 descriptors: global tenderness, juiciness, residue, global flavour, overall liking, salty flavour, fatty, rancid odour, acid flavour, garlic flavour, hot pepper intensity, spices intensity, after-taste intensity and after-taste persistence, with definitions was used by the panel. Each attribute was rated on a 0 (absence of perception) to 10 (very intense perception) unstructured scale [9]. Mean values and standard deviations were calculated from the data obtained from the 3 products using Microsoft Excel Software.

III. RESULTS AND DISCUSSION

The means of the overall physicochemical parameters obtained for the three products of *Khliia Ezir* are given in Table 1. The pH values are in agreement to those found in similar traditional meat products likely, *Ghorizo of Cebolla* [10], and slightly higher than those observed for the Spanish *Salpicão* [11] and *Turkish Pastirma* [12].

The pH obtained in the final product is consistent with pH data on cooked meat [7,10]. According to Durand [13], the pH from 6.0 to 6.2 creates a favourable environment for the subsequent growth of lactic acid bacteria without allowing the growth of pathogenic or proteolytic meat germs. The average values of moisture 40.70 % (± 0.5) are substantially lower than *Salpicão* [11]. It is lower to those found in *Pastirma* and *Ghorizo of Cebolla* which are respectively, 66.64% ± 0.65 and 56.44% ± 2.62 [12, 10]. Throughout the manufacturing process of *Kliia Ezir*, a water exudation was observed over marinating time.

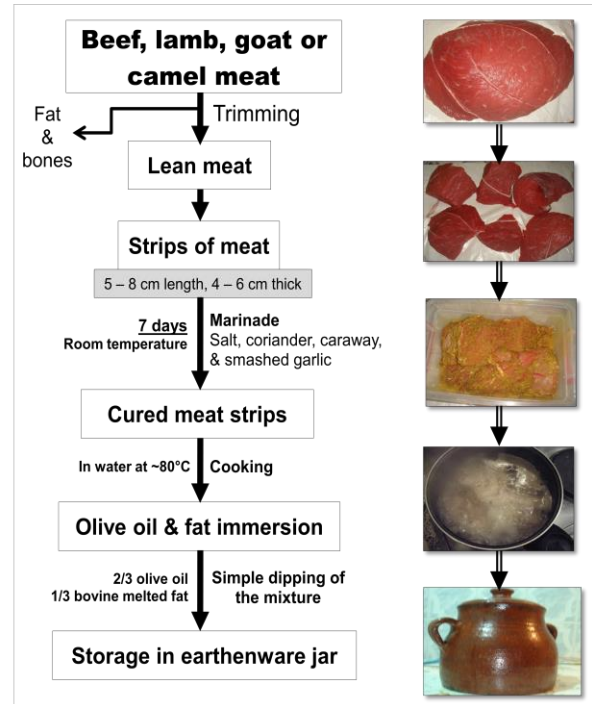


Figure 1. Flow diagram of traditional *Khliia Ezir* preparation diagram [4].

Indeed, the cooking of the meat until complete evaporation of water causes a reduction of water content on the final product. The final value of the protein content was around 43.75% (± 0.53), while the final fat content was 10.8% (± 0.32). The ash content reached values of 3.46% (± 0.36). The slightly higher ash content, compared to the raw meat used in the preparation can be resulted from salt and other additives [14].

Table 1. Means and standard deviations (S.D.) of physicochemical parameters of *Khliia Ezir* ($n = 3$).

Parameters	Mean	S.D.
pH	6.04	0.12
Moisture (%)	40.70	0.50
Ash (%)	3.46	0.36
Protein (%)	43.75	0.53
Fat (%)	10.80	0.32

The global microbiological results of *Khliia Ezir* conserved during 60 days of ripening are summarised in Table 2. Mesophilic aerobic counts decreased considerably during ripening. The behaviour of these strains was caused by the anaerobic conditions of the environment inside earthenware jar. This phenomenon is reported by the findings of [15] during the conservation of *Bologna* sausages.

Table 2. Counts and evolution during ripening of micro-organisms concerned with the hygiene of *Khliia Ezir*.

Micro-organisms (log ₁₀ cfu/g)	Days			
	1	10	30	60
Total aerobic flora	2.69 ± 0.25	2.38 ± 0.5	< 1.00	< 1.00
Total enterobacteria	1.69 ± 0.46	< 1.00	< 1.00	< 1.00
Fecal enterococci	1.30 ± 0.12	< 1.00	< 1.00	< 1.00
Yeast and moulds	Abs	Abs	< 1.00	< 1.00
Sulfite reducing clostridia	Abs	Abs	Abs	Abs
<i>Salmonella</i>	Abs	Abs	Abs	Abs
Lipolytic flora	Abs	Abs	< 1.00	1.84 ± 0.21

The *Enterobacteria* population was lower than 2 log₁₀ cfu/g at 1 day of conservation before their disappearance at 60 days of ripening in comparison to their initial population. This can be a consequence of spicing. Spices such as *Carum carvi*, *Allium sativum* and *Coriandrum sativum* were reported to play significant roles in germs growth [16]. Fecal enterococci were eliminated progressively to reach a value of < 1.00 log₁₀ cfu/g. This can be explained by the decrease of pH during ripening period [17].

This observation indicates that *Khliia Ezir* can contain endogenous lactic acid bacteria which increase throughout the ripening [18]. The number of yeasts and moulds were found to decrease during the conservation period. According to [19], yeasts appeared to be the main causative agent of spoilage. The disappearance of spoilage organisms is favoured by the low a_w values and predominating of lactic acid bacteria in ripening processes that exerts an antagonistic action on contaminating flora [20,18]. Finally, sulphite reducing *Clostridia* and *Salmonella* were not detected during the whole ripening process and conservation of *Kliia Ezir*. This is in agreement with earlier studies in other varieties of traditional cured meat products [20, 11].

Sensory analysis performed on *Khliia Ezir* at the final step of preparation revealed no significant differences when triangle analysis was (data not shown). The results of the descriptive sensory profile are shown in Fig. 2. Among the 14 descriptors considered only overall liking, evaluated by hedonic

test was found to be significantly different (p < 0.05) when samples are compared.

However, no significant differences among batches were revealed when analysing any of the specific attributes. Within textural properties (tenderness and juiciness), *Khliia Ezir* showed high scores for global tenderness 5.98 (±0.12), while juiciness scored low (2.92 ± 0.45). Juiciness is mainly determined by the amount of moisture retained in the product after processing [7]. The decrease in juiciness could be due to water loss throughout processing (marinating and/or cooking). Regarding odour, garlic odour is the dominant spice 4.21 (±0.3). This is in accordance to [21] who confirmed that the spices were the principal driver characteristic among numerous cured meat products. For examples, *Chorizo* is characterized by *pimentón* (Spanish paprika, *Capsicum annum*) and *Salchichón* is distinguished by the presence of black pepper. On the other hand, *Khliia Ezir* showed high values for intensity of flavour 6.14 (±0.22) and saltiness 5.78 (±0.09), but lower scores for acid flavour 2.99 (±0.75) and fatty 3.9 (± 0.81). In meat products, taste is driven by the presence of low-molecular weight compounds, such as peptides and amines, sodium chloride, inorganic ions, nucleotides, sulphide and nitrogen compounds [21]. However, textural characteristics, which are mostly associated to the proteolysis phenomena and water binding capacity of proteins, influence the chewing of cured meat, assigning, as a consequence, flavour release and development [22]. Thanks to the results obtained from the hedonic test, it seems that the *Khliia Ezir* was judged very good by all assessors with high scores for overall liking 6.16 (±0.25).

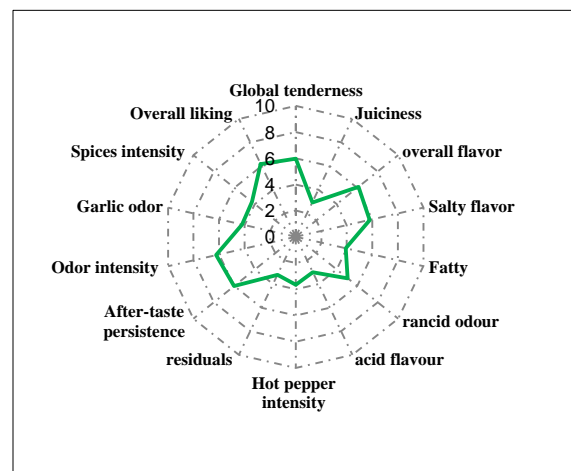


Figure 2. Sensory profile of *Khliia Ezir*

IV. CONCLUSION

Khliia Ezir is a very unique, traditional cured meat that is marinated, cooked and ripened in earthenware jar. Regarding the results of the present study, *Khliia Ezir* is characterized by a considerable bacterial diversity. However, the bacteria interactions that occur during the process are not well understood and must be studied and confirmed with other controlled manufacturing. Also, the textural properties, lipolysis and proteolysis phenomena and formation of volatile compound during the process must be accurately elucidated in further studies.

REFERENCES

1. Savic, I. (2002). Prehistory and history of sausage making. Sausage Casings. Vienna, Austria: VICTUS Lebensmittelindustribedarf Vertriebsgesellschaft m.b.H.
2. Sofos, J.N. (2013). Meat and meat products. In: Motarjemi, Y., Moy, G., Todd, E. (Eds.), Encyclopedia of Food Safety, Elsevier.
3. Daoudi A, Frentz J.C., Martin J.L. & Mekhtiche L. (2006). Les produits charcuteries halal: Charcuterie et préparations bouchères. Conflandey: MAE-ERTI. p 492.
4. Boudechicha H R. (2014). *Khliia Ezir*, un produit carné traditionnel Algérien : préparation, caractérisation microbiologique, physico-chimique et sensorielle. Mester thesis. Constantine, Algeria. P156. Available as a hard copy at Université Mentouri constantine 1.
5. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2000). Official methods of analysis of AOAC international (17th edition). USA.
6. ISO. (1996). Meat and meat products - Determination of free fatty acids. ISO, 1444: 1996 (F).
7. Lorenzo J. M., García Fontán M. C., Franco I. & Carballo J. (2008). Biochemical characteristics of dry-cured *lacón* (a Spanish traditional meat product) throughout the manufacture, and sensorial properties of the final product. Effect of some additives. *Food Control*, 19(12), 1148-1158.
8. Hutchison C.L., Mulley R.C., Wiklund E. & Flesch J.S. (2011). Effect of concentrate feeding on instrumental meat quality and sensory characteristics of fallow deer venison. *Meat science*. 90-801-806. 12
9. Gagaoua M., Micol D., Richardson R. I., Hocquette J. F., Terlouw E. M. C., Météau K., Juin H., Moloney A. P., Nuernberg K., Scollan N. D., Boudjellal A. & Picard, B. (2013). Relationships between overall liking score and sensory meat attributes in different types of beef cattle. In *Proceedings of the 59th International Congress of Meat Science and Technology* (pp. 4). Izmir, Turkey.
10. Salgado A., Mariá C., García-Fontán M., Inmaculada-Franco S., Ló pez M. & Carballo J. (2004). Biochemical changes during the ripening of Chorizo de *Cebolla* Spanish traditional sausage. Effect of the system of manufacture (homemade or industrial). *Food Chemistry* 413- 424.
11. Ferreira V., Barbosa J., Silva J., Vendeiro S., Mota A. & Silva F. (2007). Chemical and microbiological characterization of “*Salpicão* de Vinhais” and “*Chouriço*, a de Vinhais”: Traditional dry sausages produced in the north of Portugal. *Food Microbiology*, 24, 618– 623.
12. Akköse A., Aktaş N. (2013). Curing and diffusion coefficient study in *Pastırma*, a Turkish traditional meat product. *Food Microbiology*, 311–314.
13. Durand P. (2005). Technologie des produits de charcuterie et des salaisons. Lavoisier - Tec&Doc.560.
14. Visessanguan S.B, Panya C.K & Assavanig M. (2005). Influence of minced pork and rind ratios on physico-chemical and sensory quality of *Nham* a Thai fermented pork sausage. *Meat Sci*. 69: 355–362.
15. Fernandez-Ginés J. M., Fernández-López J., Sayas-Barbera M. E., Sendra E. & Pérez-Alvarez, J. A. (2003). Effects of storage conditions on quality characteristics of *Bologna* sausages made with citrus fiber. *Journal of Food Science*, 68, 710–715.
16. c I., Evrendilek G.A. (2004). Chemical compositions and antibacterial effects of essential oils of Turkish oregano (*Origanum minuti florum*), bay laurel (*Laurusnobilis*), Spanish lavender (*Lavan dulastoechas L.*), and fennel (*Foeniculum vulgare*) on common food borne. *Food Chemistry*.
17. Castañ o A., Fontán M. C.G., Fresno J. M., Tornadijo M. E. & Carballo J. (2002). Survival of Enterobacteriaceae during processing of *Chorizo de cebolla*, a Spanish fermented sausage. *Food Control*, 13, 107–115.
18. Drosinos E. H., Mataragas M., Xiraphi, N., Moschonas G., Gaitas F. & Metaxopoulous J. (2005). Characterization of the microbial flora from a traditional Greek fermented sausage. *Meat Science*, 69, 307-317.
19. Limsowtin G.K.Y., Broome M.C. & Powell I.B. (2004). Lactic acid bacteria, taxonomy. In *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H. Oxford, Elsevier., 1470-1478.
20. Lizaso G., Chasco J. & Beriain M. J. (1999). Microbiological and biochemical changes during ripening of *Salchichón*, a Spanish dry cured sausage. *Food Microbiology*, 16, 219–228.
21. Grill, H. J., Flynn, F. W., & Schwartz, G. J. (1987). Taste effects of some amino acids and glutamate compounds in the rat. *Chemical Senses*, 12(2), 307-322.
22. Buettner, A., & Schieberle, P. (2000). Exhaled odorant measurement (EXOM) e a new approach to quantify the degree of in-mouth release of food aroma compounds. *LWT -Food Science and Technology*, 33(8), 553-559.

Caractérisation Protéolytique de
Khliaa Ezir

Au cours de la préparation des produits carnés impliquant à la fois (1) l'assaisonnement / la marinade ; et (2) la cuisson / l'affinage, des modifications chimiques et biochimiques complexes se produisent sur les principaux composants de la viande crue (protéines et lipides), entraînant de nombreuses modifications de couleur, de saveur et de texture (Toldra, 2006).

La protéolyse constitue une des plus importantes réactions biochimiques influençant la qualité de la viande et des produits carnés. Elle contribue directement à l'évolution de la tendreté en influençant la texture par dégradation des protéines myofibrillaires responsables du réseau musculaire (Toldra, 2002). Elle est responsable également à la génération de la flaveur et/ ou de ses précurseurs grâce à la formation de divers composants d'un faible poids moléculaire (petits peptides, amino- acides, aldéhydes, acides organiques, amines...) (Condogani, 2001 ; Lorenzo et Franco, 2012). Les produits carnés marinés et/ou cuits préparés à partir de bœuf sont une excellente source de protéines et d'acides aminés libres (Garrido et al., 2012). Ces acides aminés libres pourraient jouer un rôle important de point de vue nutritionnel et organoleptique et par conséquent sur l'acceptabilité du produit par le consommateur (Harkouss et al., 2015). Notant qu'une protéolyse excessive peut provoquer une texture peu appréciable et une odeur de putréfaction (la formation des aldéhydes et des cétones) qui affecte l'acceptabilité du produit (Harkouss et al., 2013).

1. Estimation de la protéolyse des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques de *Khliia Ezir* par électrophorèse monodimensionnelle en conditions dénaturantes SDS-PAGE.

Afin de comprendre le type et l'ampleur de la protéolyse, plusieurs techniques de protéomique ont été appliquées avec succès pour l'identification des peptides générés et leur séquençage. Cette approche offre de nouvelles perspectives pour améliorer la qualité des produits carnés et révèle les principaux mécanismes biochimiques contrôlant le processus. En outre, la valeur nutritionnelle du produit serait bien connue ; fournissant ainsi une fiche technique complète aux consommateurs. L'estimation de la protéolyse des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques de *Khliia Ezir* au cours de la marinade, la cuisson, conservation et maturation dans la jarre en terre cuite est effectuée via une électrophorèse monodimensionnelle en conditions dénaturantes. Les résultats de cette partie sont détaillés dans la publication 02 « **Adoption of proteomics in traditional meat products: the case of *Khliia Ezir*** » (Publié dans *Food futures: ethics, science and culture* (2016)).

2. Identification des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques par spectrométrie de masse MALDI-TOF (LC-MS/MS)

Les résultats de la spectrométrie de masse constituent des preuves évidentes de la protéolyse intense de protéines de haut poids moléculaires qui génèrent des peptides, en particulier ceux ayant une masse moléculaire faible <20 kDa. Des travaux antérieurs avaient déjà signalé une dégradation progressive de la myosine au cours de l'affinage des jambons salés (Garcia de Fernando et Fox, 1991 ; Garcia et al., 1997 ; Virgili et al., 2007) , mais surtout lors du salage ou la plupart des protéines myofibrillaires sont fortement dégradées (Barat et al., 2005 ; Garrido et al., 2012). D'autres auteurs ont constaté une augmentation notable de la teneur en peptides au cours de la cuisson (Deb-Choudhury et al., 2014), un phénomène révélateur d'une protéolyse intense, qui est étroitement liée à la génération de l'arôme typique des produits carnés cuits (Molly et al., 1997). Le profil électrophorétique des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques de *Khliia Ezir* ainsi l'identification des bandes révélées par la spectrométrie de masse LC-MS/MS sont présentée dans la figure 3.7 (a et b).

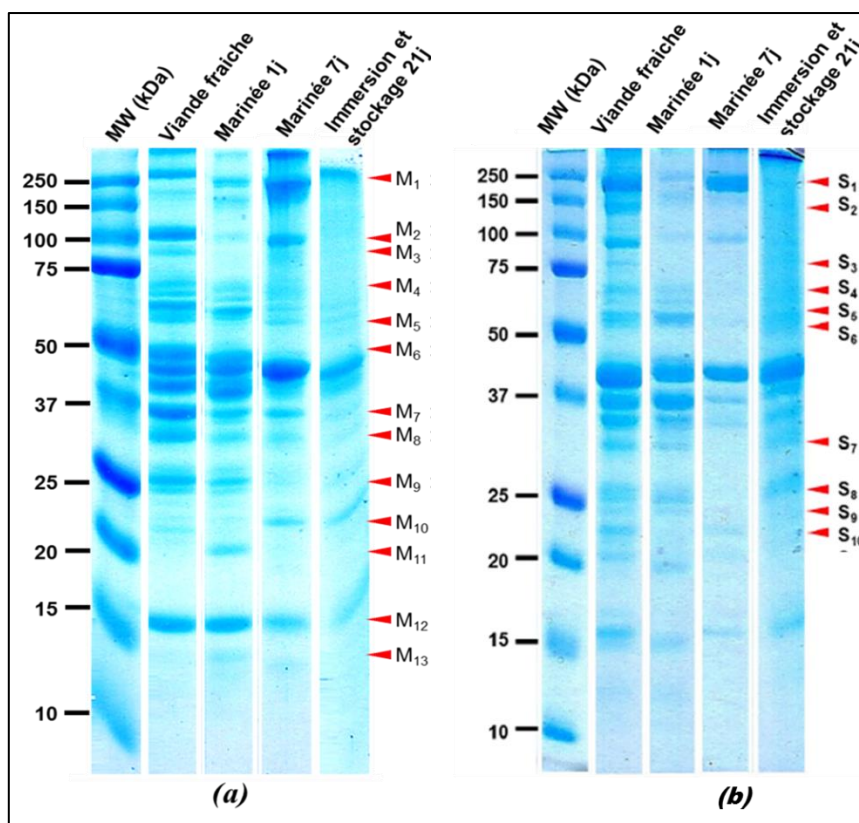


Figure 3.7. Profils électrophorétiques de (a) protéines myofibrillaires, (b) protéines sarcoplasmiques. M₁ à M₁₃ représentent les protéines myofibrillaires identifiées ; S₁ à S₁₀ représentent les protéines sarcoplasmiques identifiées.

Nous avons constaté que le nombre moyen des protéines identifiées au cours de la marinade ne représente aucune différence avec le témoin (la viande fraîche) et il est significativement plus élevé que celui après cuisson et cours de conservation. Ce résultat n'est pas surprenant car les échantillons qui ont subi le traitement le plus sévère (cuisson) ont eu le plus petit nombre des protéines identifiées ; ces résultats corroborent avec ceux qui ont été rapportés par [Zhang et al. \(2013\)](#) ; [Deb-Choudhury et al. \(2014\)](#). Ceci concorde avec le fait que les protéines deviennent plus résistantes à la digestion par la trypsine, en raison de modifications de l'arginine / lysine, et/ou de la réticulation / agrégation, et / ou fragmentation pour être détectées par une approche de recherche automatique dans la base de données MS / MS.

Une réduction progressive de l'intensité des protéines structurales surtout après l'étape de cuisson et au cours de la conservation a été constaté dans *Khliia Ezir* ; c'est le cas de la Troponine T. Il a été largement rapporté que la Troponine T (TnT) est une protéine myofibrillaire facilement dégradabile lors de la maturation *post-mortem* des muscles des animaux ([Sentandreu et al., 2002](#)). D'après les travaux de [Promeyrat, et al., \(2010\)](#) ; [Yu et al. \(2015\)](#), un polypeptide de 20 kDa est détecté dans les muscles post-mortem à peu près au même moment où la teneur en TnT diminue. La dégradation de TnT a été positivement corrélée avec l'attendrissement post-mortem de la viande bovine.

Cependant, les peptides générés par la dégradation TnT ont été trouvés pour contribuer à l'amélioration du goût de bœuf ([Nishimura et al. , 1988](#)). De nombreux auteurs ont également étudié l'évolution de l'hydrolyse de la Troponine au cours de la période de maturation ([Toldrá et al., 1993](#)). Cependant, malgré l'importance de la dégradation du TnT dans divers aspects de la viande et de ses produits dérivés, les détails de la dégradation et ses effets sur la qualité restent mal compris. En outre, nous avons remarqué l'apparition de la myosin light chain 3 (MYL3) au cours de la conservation de *Khliia Ezir*. Cette protéine de faible poids moléculaire (21kDa) est probablement le résultat de la dégradation de la myosine ; une protéine structurale de 220 kDa. Il est clair que ces résultats constituent des preuves évidentes que les changements observés dans les protéines structurales contribuent à l'évolution de la texture et de la perception de la saveur typique de *Khliia Ezir*.

Le tableau suivant représente les espèces protéiques myofibrillaires identifiées.

Tableau 3.4 : Les espèces protéiques myofibrillaires identifiées après la digestion enzymatique par trypsine.

Code de la bande	Protéine (<i>gène</i>)	UniprotKB	PM (Da)	Couverture de séquence (%) ¹	Nombre des peptides ²
M ₁	Fibronectin (<i>FNI</i>)	P07589	249000	31	9
M ₂	Vinculin (<i>VCL</i>)	F1N789	124000	28	16
	Alpha-actinin-1 (<i>ACTN1</i>)	Q3B7N2	102,980	15	9
M ₃	Heat shock 70 kDa protein 1B (<i>HSPA1B</i>)	Q27965	70185	14	7
	Myosin-1 (<i>MYH1</i>) Fragment	Q9BE40	222851	42	12
M ₄	Serum albumin (<i>ALB</i>)	P02769	69248	33	21
M ₅	Prolyl 4-hydroxylase subunit alpha-3 (<i>P4HA3</i>)	Q75UG4	57168	44	13
M ₆	Vimentin (<i>VIM</i>)	P48616	53695	36	18
	Desmin (<i>DESM</i>)	O62654	53530	22	8
M ₇	Actin, alpha skeletal muscle (<i>ACTA1</i>)	P68138	42051	21	15
	Tropomodulin 3 (<i>TMOD3</i>)	Q2KJH0	38153	21	8
	Troponin T fast skeletal muscle type (<i>Tnnt3</i>)	Q8MKI4	32105	18	11
M ₈	Gelsolin (<i>GSN</i>) Fragment	Q3SX14	80,731	20	6
	F-actin-capping protein subunit alpha-2 (<i>CAPZA2</i>)	Q5E997	32,979	39	8
M ₉	Proteasome subunit alpha type-6 (<i>PSMA6</i>)	Q2YDE4	27382	16	6
M ₁₀	Myosin light chain 3 (<i>MYL3</i>)	P85100	21925	17	8
M ₁₁	Myosin regulatory light chain 2, skeletal muscle isoform (<i>MYLPP</i>)	Q0P571	19000	38	11
M ₁₂	Myosin regulatory light chain 2, skeletal muscle isoform (<i>MYLPP</i>)	Q0P571	19000	67	13
	Myoglobin (<i>MB</i>)	P02192	17067	24	7
M ₁₃	Hemoglobin subunit alpha (<i>HBA</i>)	P01966	15175	18	6

¹ Pourcentage de chaque séquence protéique couverte par les peptides appariés² Nombre de peptides distincts ayant au moins 95% de confiance

La spectrométrie de masse nous a permis d'identifier 10 protéines sarcoplasmiques (le tableau 3.5). Nous avons remarqué que la myoglobine (MB) à 17kDa est détectable après cuisson même au cours de la conservation. Cela nous a donné une réponse sur l'origine du développement de la couleur rouge pourpre au rose au cours de la conservation de *Khliia Ezir*. Ces résultats concordent avec ceux rapportés par [Grau et al., \(2008\)](#).

En général, les conditions de la marinade (temps, température et teneur en sel) et les conditions de maturation / affinage de *Khliia Ezir* permettent une activité enzymatique relativement plus forte ce qui entraînent la disparition de protéines et la génération de nouveaux peptides. Ces derniers contribuent à mieux identifier les marqueurs qui conditionnent les qualités organoleptiques de *Khliia Ezir* entre autres la tendreté et la flaveur.

La protéolyse est particulièrement accentuée lors de la conservation / l'affinage dont la durée de traitement est considérablement plus longue. Elle a lieu suite à l'action des peptidases musculaires endogènes. Il a été supposé que les principales enzymes responsables de la dégradation des protéines musculaires au cours de cette période sont les endopeptidases, principalement les calpaïnes et les cathepsines, et certains groupes d'exopeptidases ([Toldrá, 1998](#); [Sentandreu et al., 2002](#), [Toldrá, 2002](#) ; [Yu et al., 2015](#)). Les endo-peptidases dégradent la structure de la protéine musculaire en coupant les protéines intactes, donnant naissance à de gros polypeptides qui sont ensuite dégradés par les exopeptidases.

Tableau 3.5 : Les espèces protéiques sarcoplasmiques identifiées après la digestion enzymatique par trypsine.

Code de la bande	Protéine (gène)	UniprotKB	PM (Da)	Couverture de séquence (%) ¹	Nombre des peptides ²
S ₁	Glycogen phosphorylase (<i>PYGM</i>)	P79334	97232	54	14
S ₂	Phosphofructokinase (<i>PFK</i>)	Q0IIG5	85273	33	32
	Aconitate hydratase (<i>ACO2</i>)	P20004	85306	42	18
S ₃	Serum albumin (<i>ALB</i>)	P02769	69248	21	29
	Phosphoglucomutase (<i>PGM</i>)	Q08DP0	61551	45	11
S ₄	β-Enolase (<i>ENO3</i>)	Q3ZC09	47100	21	27
	Protein disulfide-isomerase A3 (<i>PDIA3</i>)	P38657	56894	15	22
	Myosin binding protein H (<i>MYBPH</i>)	G3X6W9	53116	15	12
S ₅	Dihydrolipoyllysine-residue succinyltransferase component of 2-oxoglutarate dehydrogenase complex, mitochondrial (<i>DLST</i>)	P11179	48942	18	9
S ₆	Carbonic anhydrase 3 (<i>CA3</i>)	Q3SZX4	29352	38	19
S ₇	Phosphoglycerate mutase 1 (<i>PGAM1</i>)	Q3SZ62	28834	40	11
	Triosephosphate isomerase (<i>TPI1</i>)	Q5E956	26672	25	8
S ₈	Heat shock protein beta-6 (<i>HSPB6</i>)	Q148F8	17468	53	19
S ₉	Myoglobin (<i>MB</i>)	P02192	17067	47	23
S ₁₀	Hemoglobin subunit alpha (<i>HBA</i>)	P01966	15175	36	17

¹ Pourcentage de chaque séquence protéique couverte par les peptides appariés.

² Nombre de peptides distincts ayant au moins 95% de confiance.



FOOD FUTURES

ETHICS, SCIENCE & CULTURE

edited by:

**I. Anna S. Olsson
Sofia M. Araújo
M. Fátima Vieira**

Food futures:

ethics, science and culture

Food futures:

ethics, science and culture

EurSafe 2016
Porto, Portugal
29 September – 1 October 2016

edited by:
I. Anna S. Olsson
Sofia M. Araújo
M. Fátima Vieira



Wageningen Academic
P u b l i s h e r s

Buy a print copy of this book at
www.WageningenAcademic.com/Eursafe2016

EAN: 9789086862887
e-EAN: 9789086868346
ISBN: 978-90-8686-288-7
e-ISBN: 978-90-8686-834-6
DOI: 10.3921/978-90-8686-834-6

First published, 2016

© Wageningen Academic Publishers
The Netherlands, 2016

This work is subject to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the material is concerned. Nothing from this publication may be translated, reproduced, stored in a computerised system or published in any form or in any manner, including electronic, mechanical, reprographic or photographic, without prior written permission from the publisher, Wageningen Academic Publishers, P.O. Box 220, 6700 AE Wageningen, the Netherlands,
www.WageningenAcademic.com
copyright@WageningenAcademic.com

The individual contributions in this publication and any liabilities arising from them remain the responsibility of the authors.

The publisher is not responsible for possible damages, which could be a result of content derived from this publication.

92. Adoption of proteomics in traditional meat products: the case of *Khliaa Ezir*

H.R. Boudechicha, M. Sellama, K. Hafid, A. Boudjellal and M. Gagaoua*
Equipe Maquav, INATAA, Université Frères Mentouri, Constantine 1, Route de Ain El-Bey, 25000
Constantine, Algeria; gmbler2001@yahoo.fr

Abstract

Khliaa Ezir is a typical Algerian meat product, prepared according to a traditional process based on empirical observations and traditional recipes, consisting of steps of trimming, marinating, cooking, ripening and ageing in earthenware jar (*Ezir*). Understanding the biological mechanisms behind the development of the sensory properties of this cultural product is of great interest for eventual product marketing. The aim of the present study was first a preliminary proteomic characterization of myofibrillar and sarcoplasmic protein extracts of the product during preparation, ripening and ageing in earthenware jar. A comparison of the proteome of the two extracts at different days and steps was carried out with 1-DE electrophoresis, showing quantitative difference in several bands. Some bands might be potential markers of the proteolysis that takes place during the preparation steps, especially during marinating and ripening. This first and preliminary proteomic data from both myofibrillar and sarcoplasmic protein extracts of *Khliaa Ezir* are consistent with a differential release of specific proteins as a function of preparation step.

Keywords: *Khliaa Ezir*, Algerian meat product, preliminary proteomic characterization

Introduction

Traditional meat products cover a wide class of food items and their characterization is of great importance. Numerous traditional ethnic meat products are commonly prepared in Algeria since the highest antiquity. They have been widely consumed for their enhanced quality, flavour, and storage properties. The inimitable colour, aroma, taste, and simulated shape of Algerian ethnic meat products enjoy a positive reputation and are regarded as the essence of human experience and wisdom. Among them, *Khliaa Ezir*, which is a traditional cured meat mostly produced in the north-east of Algeria using fresh (beef, lamb, goat or camel) meat. The particularity of its traditional process is the ripening step in an earthenware jar able to be preserved for more than one year (Boudechicha *et al.*, 2015). *Khliaa Ezir* preparation and processing, cooking habits and its organoleptic properties exhibit the deep connotation of Algerian foods of delectable, healthy, and cultural heritage.

During the processing of cured meat products which involve both (1) seasoning/curing; and (2) cooking/ripening steps, complex chemical and biochemical changes occur on the main components of raw meat (proteins and lipids) leading to a numerous modifications on colour, flavour and texture (Toldra, 2006). Cured meat products manufactured from beef are particularly a great source of proteins and free amino acids (Garrido *et al.*, 2012). Many of these free amino acids come from proteolysis, which is at the central of myriad biochemical reactions occurring in cured meat preparation, contributing to the typical flavour and texture of the final product (Lorenzo and Franco, 2012).

To understand the type and extent of proteolysis, several proteomic techniques have been successfully applied for the identification of generated peptides and their sequencing. This approach provides new insights to achieve better quality of cured meat products and reveal key biochemical mechanisms controlling the process. This may play a great role on the preservation of this meat product both by its

cultural and historical dimension. In addition, the nutritional value of the product would be well known, hence providing a full *Khblia Ezir* data sheet for consumers and butchers. Thus, the aim of the present study was a preliminary proteomic characterization of myofibrillar and sarcoplasmic protein extracts of *Khblia Ezir* during preparation, ripening and ageing in earthenware jar.

Materials and methods

Preparation of *Khblia Ezir* and sampling

Khblia Ezir is prepared from fresh boneless beef meat using the traditional preparation diagram (Figure 1). Briefly, fresh selected cuts of *Semimembranosus* muscle (5-8 cm length, 4-6 cm thick) obtained from a local butcher were marinated for 7 days in a mixture of spices (salt, coriander, caraway, and smashed garlic) before cooking at an average temperature of 80 °C on water. After that, the cooked meat was immersed in a mixture of melted bovine fat and olive oil and preserved in an earthenware jar for numerous months. In this study, nine preparations of *Khblia Ezir* were conducted in the laboratory following the traditional diagram given in Figure 1. Aliquots of each preparation were sampled at different times of the process: on fresh meat (day 0), marinade time (days 1, 3, 5 and 7), after cooking (day 8), during ripening and storage (days 2, 6, 10, 15 and 21).

Extraction of sarcoplasmic and myofibrillar muscle proteins

The sarcoplasmic and myofibrillar proteins were extracted according to the procedure described by Diaz *et al.* (1997). Briefly, each aliquot of *Khblia Ezir* (from fresh meat to 21 day of storage on the

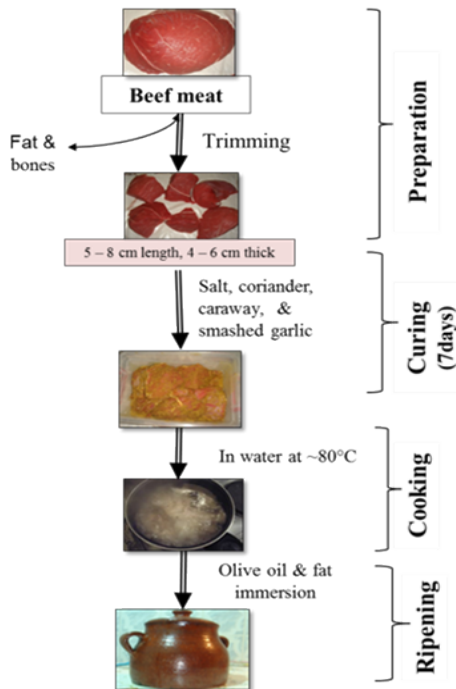


Figure 1. The traditional diagram used for the preparation of *Khblia Ezir* (Boudechicha *et al.*, 2015).

earthenware jar) at the desired time was used for protein extraction by homogenization on 1:10 (w/v) of 40 mM sodium phosphate buffer containing 0.02% NaN₃ using a Polytron homogenizer (×20,000 rpm) (Polytron® PT- MR 2100, Kinematica AG, Switzerland). The homogenate was then filtered through clean cheesecloth before centrifugation at 4,000 rpm for 15 min at 4 °C (Bench top centrifuges NF 400R). The supernatant was collected as the sarcoplasmic protein fraction and stored in adequate tubes at -20 °C until use. The resulting pellet was re-suspended in 10 ml of the same buffer and centrifuged twice. The final pellet was once again re-suspended in 10 ml of buffer, filtered through Whatman paper and collected as the myofibrillar protein fraction and stored at -20 °C until use. The protein concentration of both sarcoplasmic and myofibrillar protein extracts was determined using the Bradford protein assay kit obtained from Bio-Rad. A calibration curve was constructed using bovine serum albumin as the standard (Bradford, 1976).

1DE-electrophoretical analysis (glycine SDS-PAGE)

The extracts of the sarcoplasmic and myofibrillar proteins were mixed in a ratio of 1:1 (v/v) with 312.5 mM Tris buffer (pH 6.8), 0.4 mM EDTA, 7.5% (w/v) SDS, 150 mM dithiothreitol, 25% glycerol and 0.05% bromophenol blue. The mixture was then heated at 95 °C for 5 min. The protein extracts (10 µg for each well) were analysed using one dimensional SDS-PAGE electrophoresis on 3.75% stacking and 12% resolving gels according to Laemmli, (1970). A mixture of proteins with a known molecular weight ranging from 10 to 250 kDa (#161-0374) obtained from Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, was used. After separation, the gel was stained overnight as described by Gagaoua *et al.* (2015) with a staining solution of 4.9 mM Coomassie Brilliant Blue G-250, 50% (v/v) ethanol, and 7.5% (v/v) acetic acid. Protein patterns were then visualized after destaining the gel until a clear background was achieved. The molecular weight of the protein bands was calculated using the Un-Scan-It Gel 6.1 analysis program (Silk Scientific, Orem, UT).

Results and discussion

During the processing of *Khbliaa Ezir*, the proteins undergo various modifications which depend on numerous factors. The separated sarcoplasmic and myofibrillar are depicted on Figure 2. The overall banding patterns between replicates were similar and protein bands were identified based on their molecular weights.

Myofibrillar proteins

Significant change on the protein profile of the myofibrillar proteins of *Khbliaa Ezir* during preparation was observed (Figure 2a). For example, there is a progressive reduction in intensity of the two common myofibrillar and structural proteins, myosin heavy chain (MHC), and actin, appearing approximately at 200 kDa and 47 kDa, respectively. The significant decrease in abundance of these proteins seems to clearly occur after the cooking phase. In accordance, several research papers reported the effect of cooking/ripening on meat products (Diaz *et al.*, 1997; Ruiz *et al.*, 2007). On another hand, Thorainsdottir *et al.* (2002) has shown that myosin is more sensitive to processing than actin. Since thermal treatment of meat can have an impact on the primary structure of the meat proteins, which is closely associated with both the nutritional and sensory qualities of cooked meat, characterizing cooking-induced protein modifications in meat is one of the fundamental steps to understand these effects. This work is now under investigation as a complementary work with both MS identification and characterization of the other changed proteins.

Otherwise, other high MW bands, such as the 100 kDa also decreased in intensity before its disappearance after cooking. At the same time, a progressive disappearance of other proteins such as the 61, 35 and 30

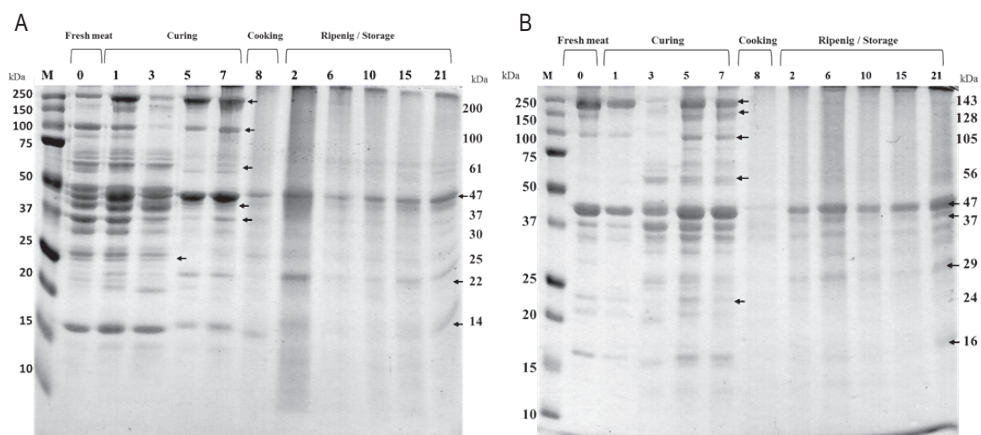


Figure 2. SDS-PAGE profile of (A) myofibrillar and (B) sarcoplasmic proteins at different preparation steps of *Khllia Ezir* (the numbers indicate days of preparation and storage).

kDa are also observed during the last period of curing. The intensity of the band at 14 kDa decreases throughout the curing time and disappear completely after cooking. Several studies conducted on numerous traditional products showed similar changes to those described in myofibrillar proteins during meat product processing. For example, Larrea *et al.* (2006) observed that in dry cured ham the bands at 97, 22 and 14 kDa decrease progressively during the curing time, probably due to a specific sensitivity to salt. Garcia *et al.* (1997) studied the changes in proteins during the ripening of Spanish dried beef *Cecina* and also observed changes in the myofibrillar proteins: disappearance of MHC and troponin C after the smoking step (a thermal treatment).

Sarcoplasmic proteins

The electrophoretic profile of sarcoplasmic proteins is shown in Figure 2b. As for the myofibrillar protein pattern, numerous sarcoplasmic proteins were found to be changed and affected by the preparation steps of *Khllia Ezir*. We can suppose that these proteins may undergo both truncation and aggregation after cooking as recently proposed by Wen *et al.* (2015) and Yu *et al.* (2015). Numerous proteomic studies reported that the mainly affected proteins are namely glycolytic enzymes such as lactate dehydrogenase A chain isoform 1, beta-enolase, fructose bisphosphate aldolase A isoform 1, pyruvate kinase isozymes M1/M2 isoform 4, glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase and triosephosphate isomerase 1 (for a review see Picard *et al.*, 2016). In this study, the intensity of a band with a mobility very close to heavy myosin chain and an estimated MW of 143 kDa decreased throughout the preparation steps leading to its disappearance after cooking. The appearance of bands at about 105, 56 and 37 kDa has been observed during the last period of curing. The formation of compounds with similar MW has been sometimes observed during ripening of fermented sausages (Garcia de Fernando and Fox, 1991). The appearance of these proteins could result from the treatment effect leading to the formation of protein dimmers and/or aggregation of numerous proteins together. A complete mass spectrometry is under process for a better characterization of the phenomenon really occurring during *Khllia Ezir* preparation. The intensity of band 47 kDa increased throughout the curing time and became very intense by days 5 and 7. After cooking, several bands disappeared; only this later band which seems to be highly dominant and present with a slight intensity.

According to the related literature, proteolytic processes that occur during the curing and ripening of cured meat products are mainly due to endogenous proteolytic activity (Toldra *et al.*, 1997). To this regard, Zhao *et al.* (2005) observed that the activity of these enzymes was dependent on the pH, temperature and salt content. In our study, the behaviour of the proteins is due to curing conditions (time, temperature and salt content), but this phenomenon is now under investigation with accurate techniques. The appearance of compounds of MW between 100 and 30 kDa observed throughout the marinating time could result from the breakdown of myosin heavy chain and other high molecular weight proteins. The denaturation of proteins seems to be affected by the length of curing time (unpublished data). These findings are in agreement with those reported by Martín *et al.* (1998) and Perez-Palacios *et al.* (2010) who found that salt content and the curing time affect strongly the proteolytic activity. The effect may be more pronounced on the endogenous enzymes such as cathepsins, dipeptidyl peptidases and aminopeptidases, which release large peptide fragments from proteins.

During the processing of *Khliia Ezir*, the temperature applied during thermal treatment (80 °C) can have enhanced protein denaturation. As can be seen from Figure 2, the myofibrillar and sarcoplasmic proteins of MW greater than 47 kDa disappeared after cooking. The only exception was the band at 47 kDa which still present throughout the ripening step. Earlier studies conducted on the effects of heating on protein denaturation revealed similar changes (Di Luccia *et al.*, 2005). Tornberg, (2005) reported that between 65 and 87 °C many changes are taking place in the myofibrillar and sarcoplasmic proteins, which causes their aggregation, decreases the solubility and disappearance of the bands. Meat protein aggregation induced by cooking can lead for example to a compact structure (Promeyrat *et al.*, 2010). Furthermore, the proteins with MW less than 50 kDa still present after cooking in some ripened meat products process. This is consistent with our study suggesting that actin, the myofibrillar protein previously shown to be relatively heat stable below 100 °C (Huang *et al.*, 2011), was still detected. Finally, the identification of numerous proteins above and below their theoretical MW probably relates to *post-mortem* actomyosin complex formation and proteolysis (the work still in progress).

Conclusions

This preliminary proteomic investigation has shown the complex pattern of protein changes occurring during the traditional preparation of *Khliia Ezir*, a cured and cooked meat product of Algeria. In summary, cooking combined with the marinating step seems to affect considerably the textural properties of the product, by significant changes on the structural proteins. Complimentary studies on the characterization and identification of the affected proteins by accurate proteomic and peptidomic techniques are now in progress for a well characterization of the mechanisms behind the sensory qualities development.

References

- Boudechicha, H.R., Gagaoua, M., Hafid, K., Becila, S., Boudjellal, A. and Astruc, T. (2015). *Khliia Ezir*, a traditional cured meat product of Algeria: preparation and characterization. In 61st International Congress of Meat Science and Technology, Clermont-Ferrand, France.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
- Diaz, O., Fernandez, M., Garcia de Fernando, G.D., De la Hoz, L. and Ordóñez, J.A. (1997). Proteolysis in dry fermented sausages: the effect of selected exogenous proteases. *Meat Science* 46: 115-128.
- Di Luccia, A., Picariello, G., Cacace, G., Scaloni, A., Faccia, M., Liuzzi, V., Alviti, G. and Spagna Musso, S. (2005). Proteomic analysis of water soluble and myofibrillar protein changes occurring in dry-cured hams. *Meat Science* 69: 479-491.

- [Gagaoua, M., Hoggas, N. and Hafid, K. \(2015\). Three phase partitioning of zingibain, a milk-clotting enzyme from *Zingiber officinale* Roscoe rhizomes. *International Journal of Biological Macromolecules* 73: 245-252.](#)
- [Garcia de Fernando, G.D. and Fox, P.F. \(1991\). Study of proteolysis during the processing of a dry fermented pork sausage. *Meat Science* 30: 367-383.](#)
- [Garcia, I., Diez, V. and Zumalacá'regui, J.M. \(1997\). Changes in nitrogen fractions and free amino acids during ripening of Spanish dried beef: 'Cecina'. *Journal of Muscle Foods* 9: 257-266.](#)
- [Garrido, R., Domínguez, R., Lorenzo, J.M., Franco, I. and Carballo, J. \(2012\). Effect of the length of salting time on the proteolytic changes in dry-cured lacóon during ripening and on the sensory characteristics of the final product. *Food Control* 25: 789-796.](#)
- [Huang, F., Huang, M., Xu, X. and Zhou, G. \(2011\). Influence of heat on protein degradation, ultrastructure and eating quality indicators of pork. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91\(3\): 443-448.](#)
- [Lorenzo, J.M. and Franco, D. \(2012\). Fat effect on physico-chemical, microbial and textural changes through the manufactured of dry-cured foal sausage Lipolysis, proteolysis and sensory properties. *Meat Science* 92: 704-714.](#)
- [Laemmlí, H.K. \(1970\). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of the bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685.](#)
- [Larrea, V., Hernando, I., Quiles, A., Lluch, M.A. and Perez-Munuera, I. \(2006\). Changes in proteins during Teruel dry-cured ham processing. *Meat Science* 74: 586-593.](#)
- [Perez-Palacios, T., Ruiz, J., Barat, J.M., Aristoy, M.C. and Antequera, T. \(2010\). Influence of pre-cure freezing of Iberian ham on proteolytic changes throughout the ripening process. *Meat Science* 85: 121-126.](#)
- [Picard, B., Gagaoua, M. and Hollung, K. \(2016\). Chapter 13: proteomics as a tool to explain/predict meat and fish quality. In: Purslow, P. \(ed.\) *Meat quality aspects: from genes to ethics*. Elsevier, New York, NY, USA.](#)
- [Promeyrat, A., Gatellier, P., Lebret, B., Kajak-Siemaszko, K. and Aubry, L. \(2010\). Evaluation of protein aggregation in cooked meat. *Food Chemistry* 121\(2\): 412-417.](#)
- [Ruiz A.G., Mariscal, C. and Soriano, A. \(2007\). Influence of hunting-season stage and ripening conditions on nitrogen fractions and degradation of myofibrillar proteins in venison \(*Cervus elaphus*\) chorizo sausages. *Meat Science* 76: 74-85.](#)
- [Thorainsdottir, K.A., Arasonm, S., Geirsdottir, M. and Bogason, S.G. \(2002\). Changes in myofibrillar proteins during processing of salted cod \(*Gadus morhua*\) determined by electrophoresis and differential scanning calorimetry. *Food Chemistry* 77: 327-335.](#)
- [Toldra, F., Flores, M. and Sanz, Y. \(1997\). Dry-cured ham flavour: enzymatic generation and process influence. *Food Chemistry* 59: 523-530.](#)
- [Toldra, F. \(2006\). The role of muscle enzymes in dry-cured meat products with different drying conditions. *Trend in Food Science Technology* 17: 164-168.](#)
- [Tornberg, E. \(2005\). Effects of heat on meat proteins – implications on structure and quality of meat products. In 50th International Congress of Meat Science and Technology, \(ICoMST\), 8-13 August 2004, Helsinki, Finland.](#)
- [Wen, S., Zhou, G., Li, L., Xu, X., Yu, X., Bai, Y. and Li, C. \(2015\). Effect of cooking on *in vitro* digestion of pork proteins: a peptidomic perspective. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63: 250-261.](#)
- [Yu, T.Y., Morton, J.D., Clerens, S. and Dyer, J.M. \(2015\). Proteomic investigation of protein profile changes and amino acid residue level modification in cooked lamb meat: the effect of boiling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63: 9112-9123.](#)
- [Zhao, G.M., Zhou, G.H., Tian, W., Xu, X.L., Wang, Y.L. and Luo, X. \(2005\). Changes of alanyl aminopeptidase activity and free amino acid contents in biceps femoris during processing of Jinhua ham. *Meat Science* 71: 612-619.](#)

**Aspects structural et
microstructural de *Khliaa Ezir***

La microstructure des aliments exerce une grande influence sur les qualités organoleptiques, nutritionnelles et technologiques des produits finis. La fonctionnalité des ingrédients est directement liée à leur microstructure qui dépend de la manière dont les composants ont été assemblés (Aguilera et Stanley, 1999 ; Aguilera, 2000).

L'évolution des qualités sensorielles et nutritionnelles des produits carnés dépendent de nombreux facteurs. Ceux-ci, qu'ils soient liés aux matières premières utilisées (viande, épices, condiments, additifs.....), aux méthodes de transformation (cuisson, salage, marinade.....) et aux conditions technologiques (temps et température de stockage, type d'emballage.....). Ces facteurs induisent des modifications des caractéristiques de la viande, et par conséquent, des variations de tendreté, de flaveur, de jutosité et de couleur (Katsaras et Budras, 1993). Toutefois, plus d'un tiers à un quart de la variabilité des qualités sensorielles et notamment de la tendreté et de la flaveur ont pu être expliquées par la variabilité des caractéristiques musculaires (structure, microstructure et composition musculaire) (Renand et al., 2001).

Une étude histologique et ultra-structurale a été menée afin de caractériser les changements dans la structure de *Khliia Ezir* au cours de sa fabrication et expliquer ainsi l'ensemble des caractéristiques physicochimiques, protéolytiques et sensorielles qui conditionnent la qualité du produit fini prêt à être consommé.

Cette partie de thèse a fait l'objet de :

- ✓ Une communication affichée lors du : **XXVIII^{ème} Congrès de l'AFH, L'histologie au service de la recherche** qui s'est déroulé **11 & 12 juin. 2015** à Montpellier -France sous le titre : «Etude Structurale et ultra structurale d'un aliment traditionnel Algérien : *KHLIAA EZIR* » ;
- ✓ Une communication affichée lors du : **Séminaire international des sciences alimentaire (SISA), l'innovation au service de la sécurité alimentaire** qui s'est déroulé **15 & 16 octobre. 2018** à Constantine -Algérie sous le titre : « Histological and ultra-structural study of *Khliia Ezir*, a traditional meat product of Algeria » ;
- ✓ Une publication (en cours) intitulée: « Biochemical, sensorial, structural and proteomic characterization of *Khliia Ezir*: A traditional ripened meat product of Algeria».

1. Caractérisation histologique de *Khliia Ezir*

Les différents traitements (salage, marinade, cuisson et conservation) ont modifié la structure de la viande. Le tissu conjonctif, les espaces extracellulaires (EEC) et les fibres ont été affectés par les étapes de préparation de *Khliia Ezir* (Figure 3.8).

Les fibres de la viande fraîche sont parfaitement identifiables avec des espaces extracellulaires relativement grands. Cependant, après le salage et au cours du 1^{er} jour de la marinade les fibres commencent à rétrécir (Figure 3.8a). Le rétrécissement des fibres reflète une diminution de la rétention d'eau et de la teneur en eau dans les produits carnés (Offer & Knight, 1988). De nombreuses études ont suggérées qu'une teneur en sel pourrait diminuer la capacité de rétention d'eau dans la viande (Harkouss, 2015). Cela explique la diminution de la surface de la section transversale de la fibre au cours de la marinade et cours de la cuisson. Après 21 jours de conservation, La désintégration des fibres est remarquable, en créant de nombreuses zones amorphes induisant une augmentation des espaces extracellulaires (Figure 3.8a). Dans une étude menée par Astruc et al. (2008) ; la structure amorphe des fibres avait été observée après le salage de la viande avec du sel sec, ils ont suggéré que la force ionique élevée résultant de l'addition de sel solubilise non seulement les protéines myofibrillaires mais également les parois des fibres musculaires.

La coloration rouge Sirius (Figure 3.8b) a indiqué que le tissu conjonctif commençait à subir de graves changements. En effet, le salage entraîne une diminution significative de la surface du tissu conjonctif, qui est plus importante après 7 jours de marinade. À ce stade, le périnysium est devenu discontinu et a semblé former des amas à coloration très contrastée.

Le tissu conjonctif est principalement composé d'une matrice extracellulaire constitué majoritairement de molécules de la famille des protéoglycanes dont le collagène est la protéine la plus abondante. Il est généralement admis que le collagène fibrillaire et l'élastine sont insolubles quelle que soit la force ionique du milieu dans lequel elles se trouvent.

Il a été constaté qu'au cours de la conservation de *Khliia Ezir*, Il y avait moins de désintégration du tissu conjonctif. Tornberg et al. (1997); Palka et Daun, (1999); Astruc, (2008) ont observé que la dénaturation du tissu conjonctif intramusculaire augmente par l'augmentation de la température. La cuisson conduit à une agrégation du collagène en consolidant la molécule. Ce phénomène peut expliquer le niveau plus bas de dommages structuraux après la cuisson de *Khliia Ezir* à 80 °C.

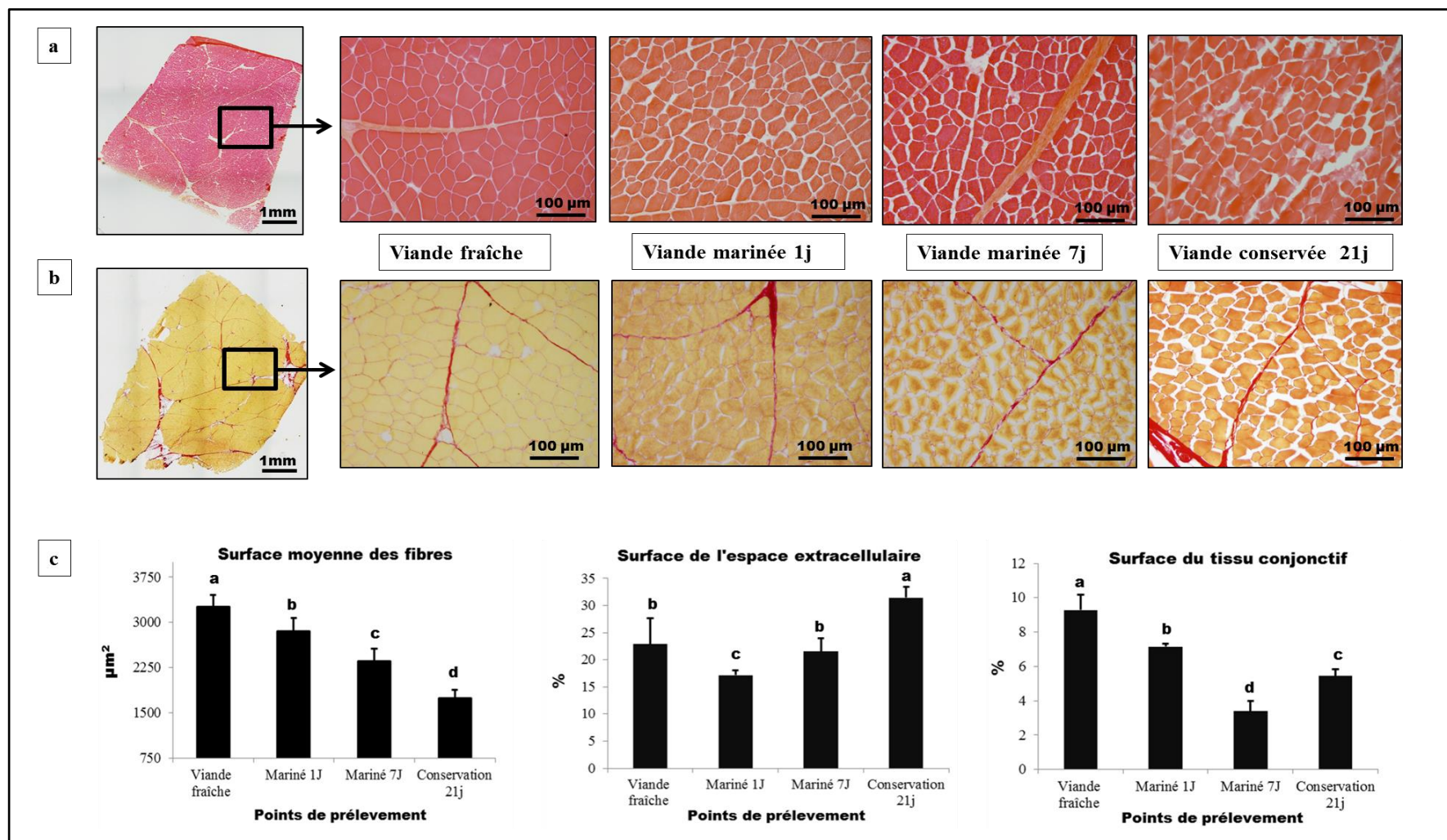


Figure 3.8. Evolution de la structure de *Khliia Ezir* au cours des différentes étapes de préparation. **a)** coloration HES. **b)** coloration rouge Sirius. **c)** Effet des différents traitements technologiques sur (de gauche à droite) : surface des fibres ; tissu conjonctif et espace extracellulaire, Dans chaque histogramme donné, les lettres (a, b, c, d) indiquent une différence significative pour $P < 0,05$.

Une analyse quantitative précise des images de microscopie optique a révélé que la section transversale des fibres musculaires avait diminué d'environ 39% après 7 jours de marinade. Cette diminution continue jusqu'aux 21^{ème} jours de conservation (Figure 3.8c). En ce qui concerne les espaces extracellulaires (EEC), les résultats ont montré que ceux-ci étaient minimales après 1 jour de marinade (diminution de 60%). Cette diminution intense de l'EEC ne semble pas être associée à un gonflement cellulaire, car leur surface de section transversale n'a pas augmenté. Il résulte plus probablement de l'évacuation de l'eau, initialement contenue dans les cellules et l'EEC, vers l'extérieur du muscle. Cette hypothèse est confirmée par l'augmentation du nombre de fibres (données non présentées), qui reflète la réduction superficielle des fibres musculaires liée à la libération d'eau (Figure 3.8c). Au cours des semaines suivantes de traitement (après cuisson), la diminution de la surface de la section transversale des fibres était associée à une augmentation de l'EEC, ce qui impliquait une contraction cellulaire latérale. Cette observation est probablement imputable à une perte d'eau intracellulaire au cours de la cuisson.

La surface du tissu conjonctif a diminué de manière significative au cours de la marinade (Figure 3.8c). Ceci est lié probablement à l'effet de sel. Il est également possible que certaines protéines essentielles de la matrice extracellulaire soient partiellement déformées en raison de l'augmentation de la force ionique. Ces modifications moléculaires pourraient conduire à un rétrécissement du tissu conjonctif, diminuant ainsi sa surface calculée.

Les traitements statistiques appliqués à l'ensemble des données de structure ont fait apparaître que les différents traitements appliqués au cours de la préparation de *Khliia Ezir* à savoir (salage, marinade, cuisson et conservation) ont un effet très significatif sur les EEC, la taille des fibres et la surface de tissu conjonctif de la viande.

1. Caractérisation ultra-structurale de *Khliia Ezir*

Les images de la microscopie électronique à transmission (MET) montrent clairement que la viande fraîche présente peu de modifications de l'ultrastructure du sarcomère (Figure 3.9a). Cependant, les fibres musculaires étaient toujours clairement identifiables, on peut distinguer facilement les stries Z qui délimitent les filaments épais (myosine) et les filaments fins (actine) ainsi que les lignes M sont plus visibles.

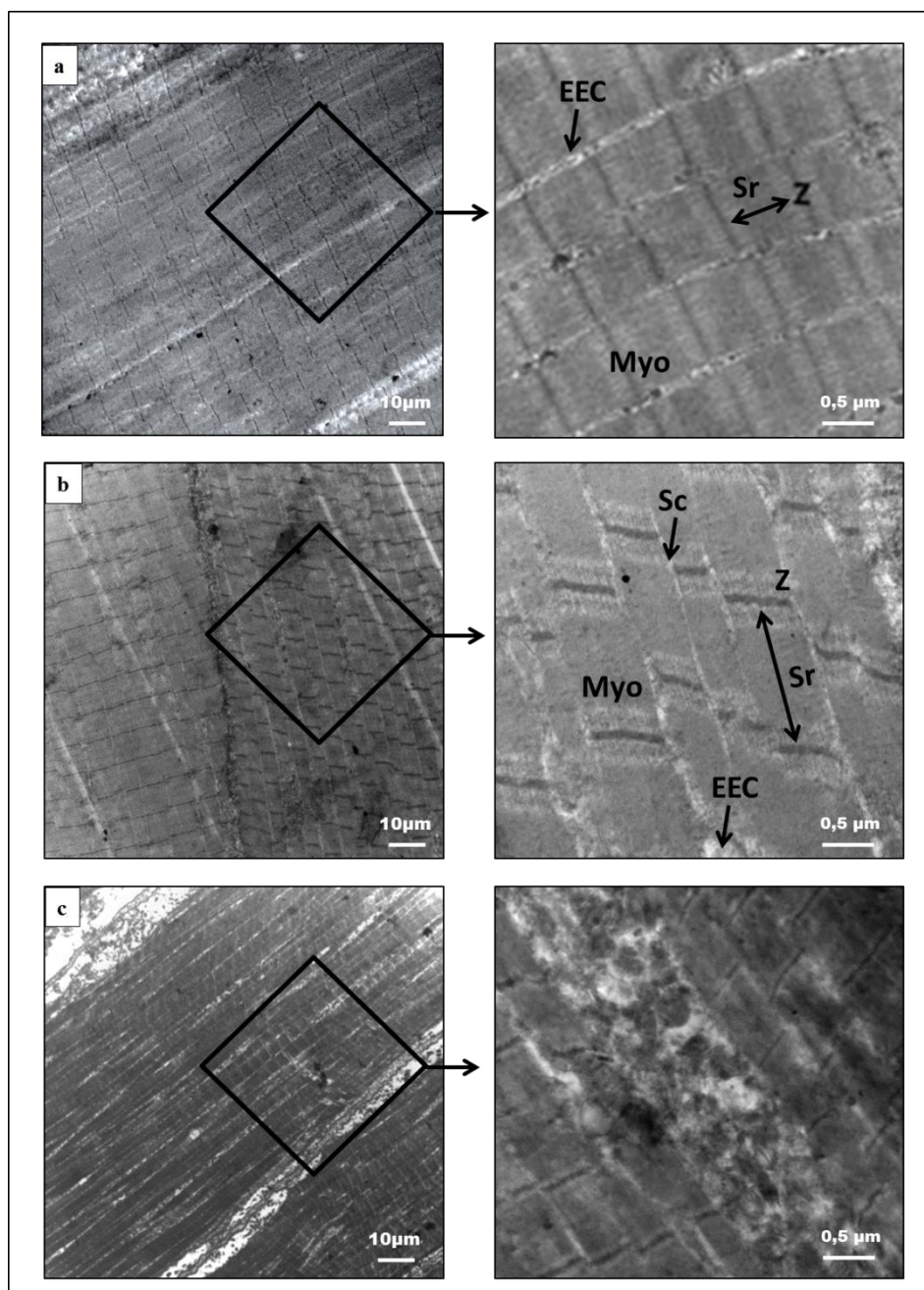


Figure 3.9. Effet de la marinade sur l'ultrastructure de *Khliaa Ezir*. **a)** viande fraîche ; **b)** viande marinée 1j, **c)** viande marinée 7j. La marinade entraîne une désorganisation des myofibrilles, les lignes Z restent visibles avec une solubilisation des bandes M. **Myo** : myofibrille ; **Sr** : sarcomère ; **Z**: strie Z; **SC** : sarcolemme ; **EEC**: espace extracellulaire.

La structure typique du sarcomère est encore reconnaissable au 1^{er} jour de la marinade (Figure 3.9b). Les bandes A, les bandes I et les lignes Z sont toujours visibles. Après 7 jours de marinade, Nos résultats montrent spécifiquement que la bande M disparaît (Figure 3.9c). Il semble que les protéines composant la bande M, constitué principalement de protéine M et de

myomesin (Agarkova & Perriard, 2005) ont été dénaturées en présence de sel. Cette observation est en accord avec Wu et Smith (1987) qui ont détecté la solubilisation de la bande M lorsque les myofibrilles sont immergées dans 0,3M de sel (Aktas et Kaya, 2001). La libération subséquente des protéines myofibrillaires solubilisées dans l'espace sous-sarcolemme et finalement dans l'espace extracellulaire explique la diminution de la surface de la section transversale des fibres colorées par HES.

La cuisson a vraisemblablement entraîné des modifications de l'orientation des myofibrilles par une désintégration de la structure de la myofibrille et un raccourcissement latéral et longitudinal du sarcomère résultant du rétrécissement des bandes A et I (Figure 3.10). Ces résultats corroborent à ceux rapportés dans plusieurs études (Hostetler & Landman, 1968; Bendall et Restall, 1983; Tornberg *et al.*, 1997; Palka et Daun, 1999; Bocker *et al.*, 2006). En effet, dans l'étude de Straadt, *et al.* (2007), la cuisson de la viande à 100 ° C entraîne une diminution de la masse myofibrillaire en aboutissant à des écarts importants entre les espaces inter et intracellulaires. Ce phénomène est dû au rétrécissement coopératif du tissu conjonctif et des fibres musculaires, qui se produit lors du chauffage, entraînant la dénaturation thermique des protéines de la viande. Par ailleurs, les enquêtes de Tornberg *et al.* (1997) ont montré que le rétrécissement transversal et longitudinal de la fibre augmentait presque linéairement en fonction de la température. Comme attendu, les données de microscopie électronique dans notre étude sont en parfait accord avec les observations de microscopie optique qui explique parfaitement le fait de la diminution de la surface moyenne des fibres associée à une augmentation de l'EEC au cours de la cuisson.

La microscopie électronique a permis de voir des lacunes subcellulaires situées entre le sarcolemme et les myofibrilles contenant des agrégats granulaires. Il a été constaté qu'après cuisson, une fragmentation et une granulation des myofibrilles ont été observées résultant de la coagulation des protéines intracellulaires du sarcolemme et de l'endomysium (Figure 3.10). Selon Rowe (1989), la formation des agrégats granulaires est probablement dû à un résidu résultant soit de la détérioration du sarcolemme ou de la dénaturation de protéines sarcoplasmiques solubles (Davey et Gilbert, 1974; Hamm, 1977) et de protéines myofibrillaires qui sont généralement expulsés dans cet espace (Bocker *et al.*, 2006; Xiong, 2005, Promeprat *et al.*, 2010).

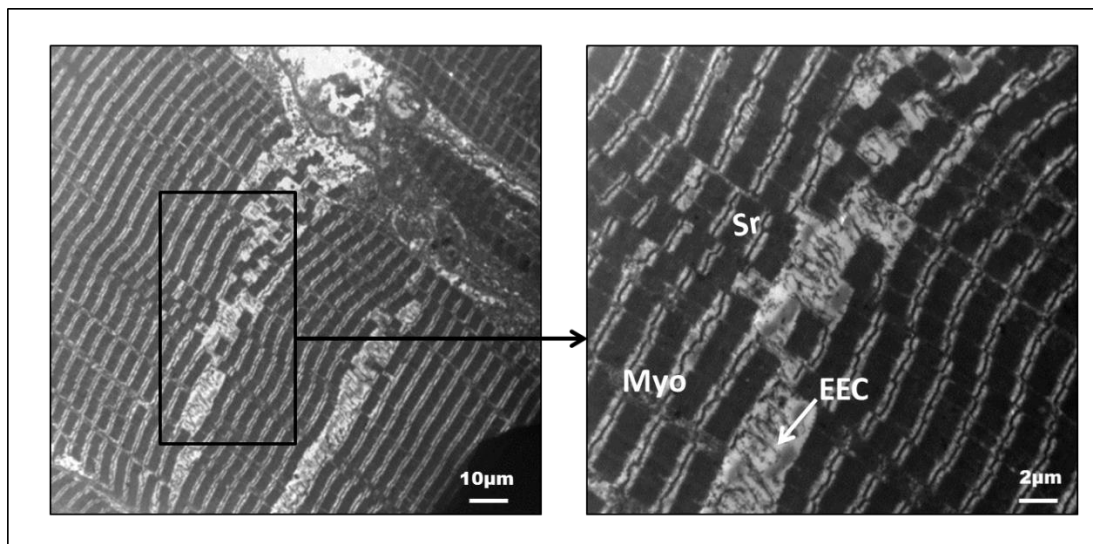


Figure 3.10. Effet de la cuisson sur l'ultrastructure de *Khliaa Ezir* à 21 jours de conservation. Lors du traitement thermique, un rétrécissement transversal et longitudinal de la myofibrille est observé, cette diminution est associée avec une augmentation de l'espace intra et inter-myofibrillaire. **Myo** : myofibrille ; **Sr** : sarcomère ; **EEC**: espace extracellulaire.

Une autre hypothèse a été suggérée afin d'expliquer ce phénomène. En effet, la formation des agrégats protéine-protéine est due principalement aux interactions hydrophobes entre les protéines dénaturées (Tornberg, 2005, Astruc et al., 2012; Sante-Lhoutellier et al., 2008). Il a été rapporté par Astruc et al. (2010) que le traitement thermique de la viande bovine conduit à une dénaturation des protéines et modification de leur structure moléculaire ce qui augmente leur hydrophobicité, en favorisant ainsi la formation d'agrégats. Dans le cas de *Khliaa Ezir*, nous avons remarqué que les agrégats granulaires sous forme de chaînes denses sont répartis dans l'espace situé entre les myofibrilles périphériques et le sarcolemme coagulé (Figure 3.11).

Suite à la formation des agrégats protéiques, la structure de la viande est devenue compacte lors de la cuisson, Ceci est en accord avec les résultats de la SDS-PAGE couplée d'une spectrométrie de masse qui ont montré la présence de certains gros peptides, Ces gros peptides pourraient être les produits de la polymérisation des protéines formés au cours de la cuisson (résultats présentés dans la partie protéolyse).

Ces résultats établissent clairement un lien entre les dynamiques d'évolution de la protéolyse, et celles de la structure et de la texture au sein de *Khliaa Ezir* au cours de sa

préparation. De plus, ils présentent l'avantage de mieux expliquer l'élaboration des propriétés sensorielle du produit fini.

La figure suivante illustre l'effet de la cuisson dans la formation des agrégats granulaires.

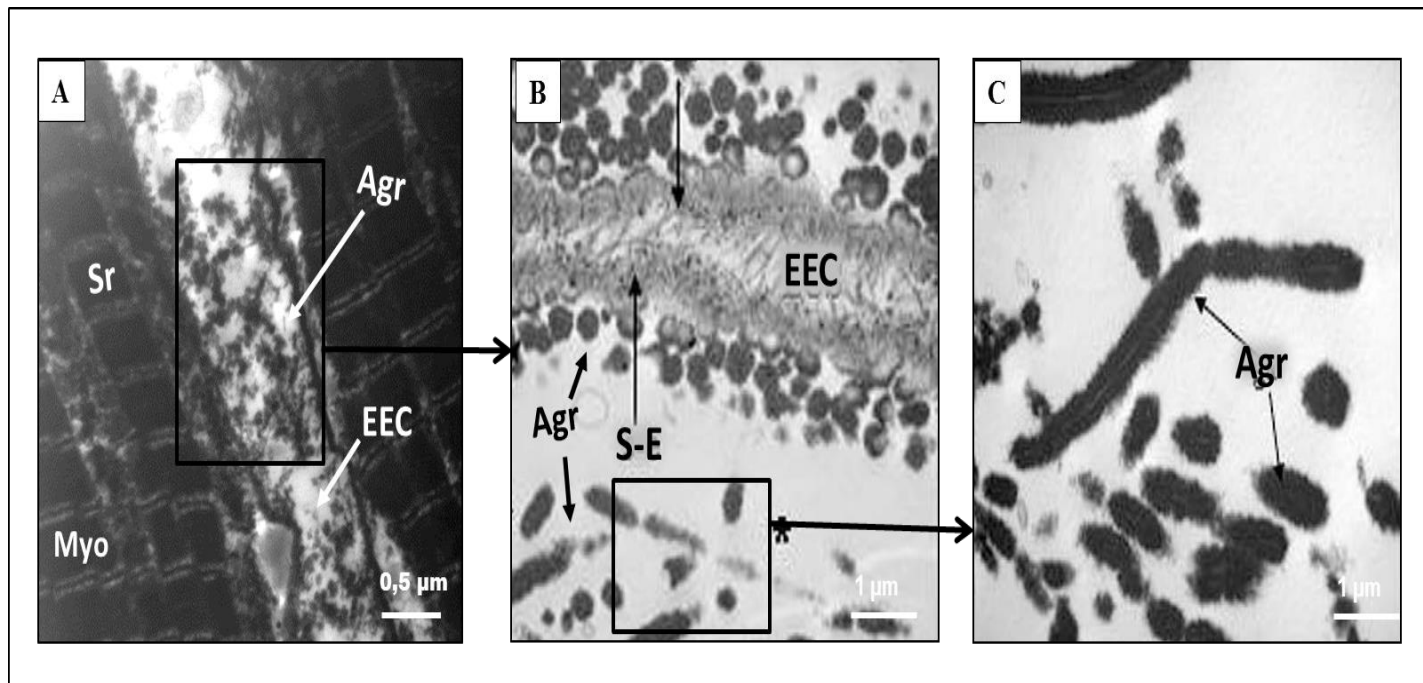


Figure 3.11. Formation des agrégats granulaires au cours de la cuisson.

La température appliquée au cours de la cuisson de *Khliia Ezir* provoque la coagulation des protéines intracellulaires du sarcolemme et de l'endomysium avec production d'agrégats granulaires (A, B, C). Les myofibrilles peuvent présenter différents niveaux de dénaturation, comme indiqué sur les coupes longitudinales (A) avec des agrégats granulaires proches des myofibrilles. Les agrégats granulaires peuvent rester collés sur des myofibrilles externes (B) ou occuper tout l'espace (B, C). **Myo** : myofibrille ; **Sr** : sarcomère ; **EEC** : espace extracellulaire ; **Agr** : Agrégats ; **S-E** : sarcolemme-endomysium coagulés.

Aspects microbiologiques de
Khliaa Ezir

La marinade est une étape cruciale dans la préparation de *Khliaa Ezir*, le sel et l'ensemble des épices utilisées, à savoir le cumin, la coriandre et l'ail, agissent comme des agents bactériostatiques et bactériocine vis-à-vis aux germes pathogènes. Hormis la contribution aux propriétés sensorielles et texturales ; le sel et les épices ajoutées jouent un rôle dans le renforcement de la sécurité microbiologique du produit fini (Benkerroum, 2013, Boudechicha et al., 2016). L'écosystème microbien des produits carnés marinés, cuits ou non, et simultanément leur qualité et leur durée de conservation, est influencé par l'environnement, les caractéristiques de la matière première, les pratiques de transformation et les conditions de stockage, y compris l'emballage et la température (Pérez-Rodríguez et al., 2010).

La cuisson est l'ultime procédé subie par la viande avant sa conservation dans *Ezir*, Cette cuisson étant généralement réalisée à une température de 80 C° pendant 90 min de temps. Il est en effet connu que chaque micro-organisme a une température optimale de croissance au-delà de laquelle la vitesse de croissance diminue tandis que la vitesse de mortalité augmente (Todd et al., 1986 ; Gonulalan et al., 2004). Par conséquent, le traitement thermique améliore la durée de conservation des produits carnés par la destruction des organismes pathogènes et d'altération (Cassens, 2008, Fernandes, 2009). De nombreuses études d'identification des populations microbiennes des produits carnés traditionnels ont été rapportées (Pérez-Rodríguez et al., 2010 ; Casquete et al., 2012). Cependant, à ce jour, aucune étude approfondie n'est disponible sur la caractérisation microbiologique de *Khliaa Ezir*. Il est donc nécessaire de caractériser les changements microbiologiques dynamiques qui se produisent au cours des principales étapes de préparation. Pour cela, l'objectif de la présente étude était de caractériser et de suivre l'évolution de la microflore de *Khliaa Ezir* à différentes étapes de sa préparation et évaluer son innocuité microbiologique de la matière première au produit final. Les détails de ce travail sont présentés dans la publication 03 « **Microbiological changes during the preparation steps of *Khliaa Ezir*: a traditional cured meat product of Algeria** » (Publié dans *Integrative Food, Nutrition and Metabolism* (2017)).

Microbiological changes during the preparation steps of Khliaa Ezir: a traditional cured meat product of Algeria

Hiba-Ryma Boudechicha, Ines Nasri, Zahra Bennaceur, Meriem Sellama, Kahina Hafid, Abdelghani Boudjellal, Mohammed Gagaoua

► **To cite this version:**

Hiba-Ryma Boudechicha, Ines Nasri, Zahra Bennaceur, Meriem Sellama, Kahina Hafid, et al.. Microbiological changes during the preparation steps of Khliaa Ezir: a traditional cured meat product of Algeria. Integrative Food, Nutrition and Metabolism , OAT, 2017, 4 (6), pp.1-5. 10.15761/IFNM.1000199 . hal-01722033

HAL Id: hal-01722033

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01722033>

Submitted on 2 Mar 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Microbiological changes during the preparation steps of *Khliaa Ezir*: a traditional cured meat product of Algeria

Hiba-Ryma Boudechicha¹, Ines Nasri¹, Zahra Bennaceur¹, Meriem Sellama¹, Kahina Hafid¹, Abdelghani Boudjellal¹ and Mohammed Gagaoua^{2*}

¹Equipe MaQuaV, INATAA, Université des Frères Mentouri Constantine 1, Route de Ain El-Bey, 25000 Constantine, Algeria

²UMR1213 Herbivores, INRA, VetAgro Sup, Clermont université, Université de Lyon, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

Abstract

Khliaa Ezir is a traditional and popular meat product, which is produced from whole beef, camel, goat or lamb meat. It is an Algerian and a ready to eat meat product that is marinated, cooked and ripened. The product is for numerous months preserved in an earthenware jar at room temperature. Microbiological investigation on *Khliaa Ezir* during preparation is a prerequisite and to our knowledge, this is the first study, which provide its preliminary microbiological characterization. Thus, the aim of the present work is to study the evolution of the microflora and microbiological safety of *Khliaa Ezir* during the main traditional preparation steps. The microbiological counts indicated that Lactic Acid Bacteria (LAB) are the most abundant in the product, namely during the ripening and storage period. However, total Coliforms were very low in fresh beef, being eliminated after 3 days of curing. Yeasts and Molds were the highest in fresh beef, and then disappeared after cooking and during the ripening and storage step. None of the pathogenic flora during the whole preparation steps were detected. We think that the cooking temperature applied during thermal treatment (80°C) contributed to the high hygienic quality of *Khliaa Ezir*. On another hand, a significant increase in pH was observed during the storage period to achieve a final pH of 6.19 ± 0.01 at 30 days of storage.

Introduction

Khliaa Ezir is a typical ready-to-eat meat product prepared and consumed in the North East of Algeria. The preparation of *Khliaa Ezir* is still basically a family art including three well-defined steps: marinade, cooking and ripening and ageing in an earthenware jar (*Ezir*). The origin of the word is thought to derive from old Arabic, “*Khliaa*” referring to the storage step in olive oil and fat and “*Ezir*” to the earthenware jar; the utensil where it is preserved. The particularity of its traditional diagram process is the ripening step in *Ezir* for more than 1 year and at room temperature [1].

The marinade step is crucial because salt and spices, namely caraway, coriander and garlic, act in concert as bacteriostatic agents leading to the reduction of water content. This would also play an important role in i) the development of the sensory and textural properties and ii) the enhancement of the microbiological safety of the final product [2,3]. The microbial ecosystem of cured meat products, whether cooked or not, and simultaneously their quality and shelf life, are influenced by the environment, raw material characteristics, processing practices and storage conditions including packaging and temperature [4].

Investigation of specific spoilage organisms of several cured meat products have been reported in several studies [4-8]. However, to date no study is available on the microbiological characterization of *Khliaa Ezir*. Thus, there is a need to characterize this traditional and popular meat product of Algeria during the main preparation steps by studying the dynamic microbiological changes that occur. Therefore, the objective of this study was to characterize and follow the evolution of natural microflora of *Khliaa Ezir* at different steps of its preparation and assess its microbiological safety from raw ingredients to final product.

Materials and methods

Khliaa Ezir preparation and sampling

Khliaa Ezir was prepared using the traditional diagram described in Figure 1. Briefly, 9 preparations were conducted using beef *Semimembranosus* muscle of an average of 2 kg for each preparation. The fresh beef obtained from a local butcher was aged according to the standard conditions in Algeria. Fresh boneless lean meat cuts after salting and curing (5–8 cm of length, 4–6 cm thick) were marinated in a mixture of spices that contain caraway, coriander and garlic during 7 days before cooking at 80°C on water. Finally, the cooked meat was preserved in an earthenware jar (*Ezir*) and covered with a mixture of melted beef fat and olive oil. From each batch of *Khliaa Ezir* preparation, samples of *fresh meat* (at 0 days), *marinade* samples (1, 3, 7 days), *cooked* samples, *immersed and stored* samples (at 10, 20, 30 days) were sampled for microbiological analysis (in triplicate).

Microbiological analysis

At selected times during processing, 10g of each sample were aseptically homogenized with 90 mL buffered peptone water (AES Laboratories, Combourg, France) for 2 min using a Polytron homogenizer (Polytron® PT- MR 2100, Kinematica AG, Switzerland).

Correspondence to: Mohammed Gagaoua, UMR1213 Herbivores, INRA, VetAgro Sup, Clermont université, Université de Lyon, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France, Tel: 33473624239; Fax: 33473624639; E-mail: mohammed.gagaoua@inra.fr; gmber2001@yahoo.fr

Key words: *Khliaa Ezir*, ethnic meat product, microbiological changes, Algeria

Received: October 15, 2017; **Accepted:** November 02, 2017; **Published:** November 06, 2017

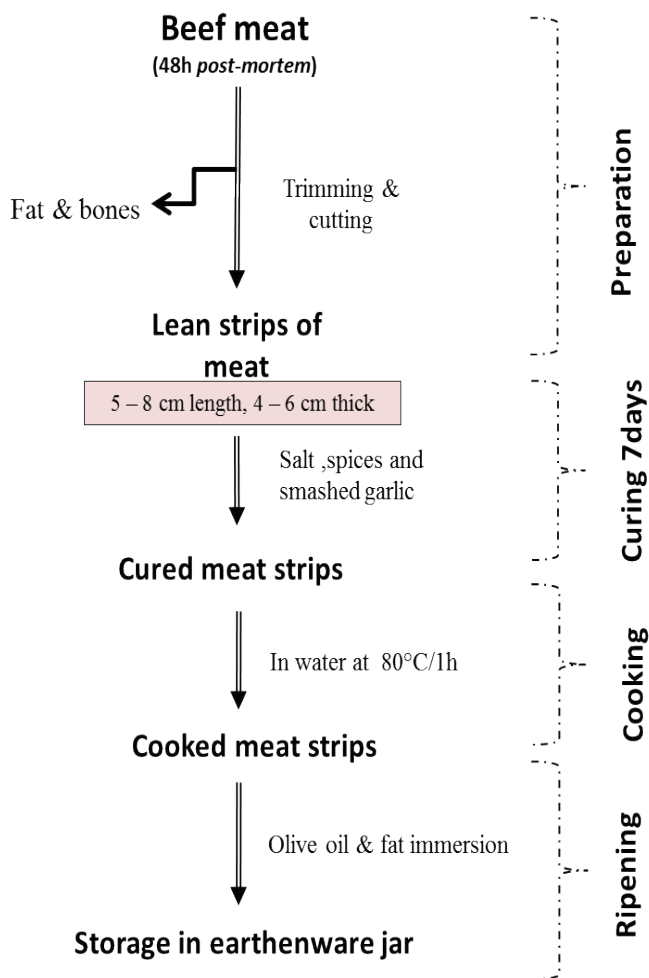


Figure 1. The traditional diagram of *Khliia Ezir* preparation [1]

Appropriate decimal dilutions (10^{-1} to 10^{-6}) were prepared. From each sample and on each culture medium, 1 mL of each dilution was inoculated on different growth media. The microbial groups counted and the conditions of culture are summarized in Table 1. All the microbiological analyses were carried out in duplicate and the results were expressed as \log_{10} cfu/g.

pH measurements

The pH was measured during the different preparation steps [fresh meat (at 0 days), marinade (1, 3, 7 days), cooking, immersion and storage (at 10, 20, 30 days)] in triplicate. The measurement was done using a pH meter (PHS-3CW microprocessor pH /mV meter, BANTE instrument) after mixing approximately 1 g of sample with 10 mL distilled water for 15s using a Polytron homogenizer [9].

Statistical analysis

Data were analyzed using XLStat software (Version 2009.1.01, Addinsoft®). Analysis of variance and Tukey test were performed to investigate significant differences in microbial count at $P < 0.05$ between the different preparation steps of *Khliia Ezir*. The results of the statistical analysis are shown as mean values and standard deviation.

Results and discussion

The evolution of both the microbial population changes and pH of *Khliia Ezir* at the different preparation steps are shown together on the

same graph (Figure 2). From the results, total aerobic bacteria counts of fresh beef were relatively low ($< 5 \log \text{cfu g}^{-1}$), indicating a good hygienic quality of raw materials. Several authors reported a positive correlation between slaughter conditions and initial contamination of meat [10,11]. However, microbiological spoilage and pathogen growth associated with fresh beef meat are directly related to several other factors including the transport conditions, handling practices and processing [12]. During marinade (from day 1 to 7), the development of total aerobic bacteria decreased gradually (Figure 2A). The decrease would be due to the synergic action of salt whose concentration exceeds 9% and spices. It is well known that salt has a bacteriostatic effect on bacteria [13]. For example, a sodium chloride concentration of 5% (w/v) inhibits the growth of many Gram-negative spoilage organisms including *Pseudomonas*. At the final step of *Khliia Ezir* preparation, the total aerobic bacteria decrease progressively to reach a lower level after 30 day of ripening ($3 \log \text{cfu g}^{-1}$). This would be assigned to the anaerobic conditions inside earthenware jar caused by melted fat and olive oil (sous-vide conditions). This phenomenon was reported by Cetin, *et al.* [14] during the preservation of *Kavurma*, a Turkish meat product. Also, the lack of O_2 in the earthenware jar may delay the oxidative deteriorative reactions, and reduce aerobic bacteria growth as earlier reported [6].

The *Enterobacteria* population was found in low level in fresh beef ($4 \log \text{cfu g}^{-1}$) before their disappearance after 3 days of curing (Figure 2B). In this case and as discussed above, the dual action of spicing and salting may be played a great role [15,16]. Among the spices used, garlic (*Allium sativum*) is highly appreciated for the taste it confers to *Khliia Ezir*, which is usually added fresh and finely smashed [1,3]. Beside its contribution to the sensory properties of the final product, garlic also has a bactericidal effect, via *Allicin*, against contaminating flora (*Enterobacteriaceae*, *E.coli*, *Staphylococcus aureus*, Yeasts and Molds) [17]. The faecal *Enterobacteria* were totally absent during the different steps of *Khliia Ezir* preparation. As reported by Castañ, *et al.* [18], faecal coliforms population is the main indicator of fecal contamination as they determine the hygienic quality of food processing. Furthermore, it has been well established that their growth leads to proteolytic activity that affect texture; also generating amines, ammonia, sulfides, alcohols, aldehydes, ketones, and organic acids that affect flavor [19,20]. The significant reduction or even disappearance of these groups of bacteria seems to clearly occur after the cooking step. In accordance, several studies characterizing traditional cooked meat products, reported the pivotal effect of heat treatment on growth of spoilage bacteria and pathogenic organisms [4,21]. However, the number and the type of the destroyed microorganisms depend on the internal time/temperature couple. Since thermal treatment of meat can have an impact on the growth of the meat bacteria, controlling temperature and time of cooking is one of the fundamental steps to provide the hygienic quality and extend the shelf life of *Khliia Ezir*.

The counts of yeasts and molds showed a strong predominance of yeasts as compared to molds (Figure 2C). The ratio mold/yeast was found to be less than 10/100 in all the experiments. Moreover, the count of this flora is significantly higher than the other groups of microorganisms ($P < 0.05$) in fresh beef. According yeasts is known to be the main causative agent of spoilage [22]. In *Khliia Ezir*, their count was found to decrease during the marinade period before their disappearance after 10 days of storage (Figure 2C). The lower yeasts and molds counts is favored by the low water activity values (data not shown) and predominance of LAB (Figure 2D) that exerts an antagonistic action on contaminating flora in concert with pH [23,24]. Re-appearance of yeasts and molds was observed after 30 days of storage to reach $3 \log \text{cfu g}^{-1}$. We think that these bacteria groups might

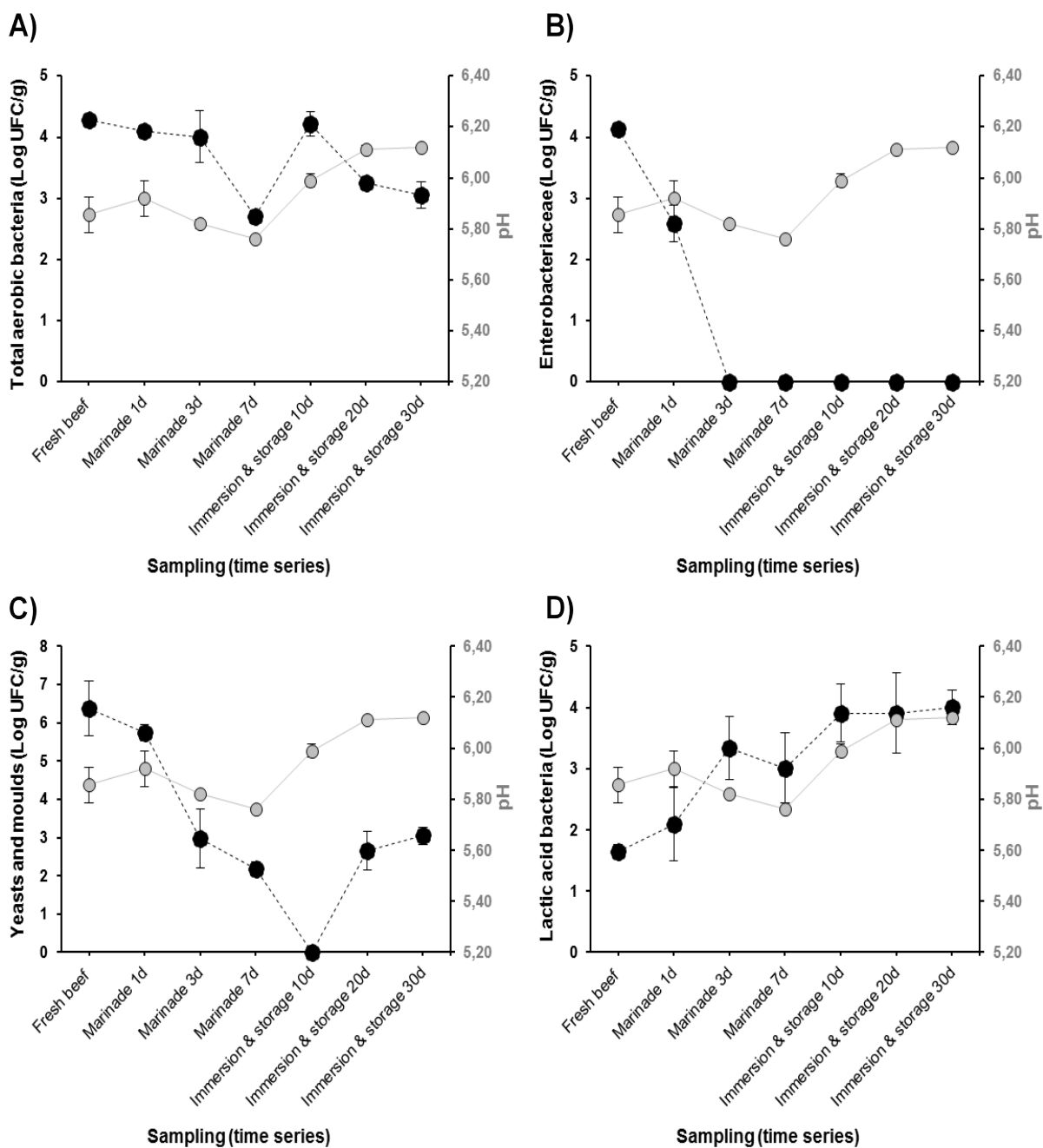


Figure 2. Bacterial groups' evolution (Log CFU/g) and relation with pH during the main *Khliia Ezir* preparation steps for **A)** total aerobic bacteria; **B)** *Enterobacteriaceae*; **C)** Yeasts and Molds and **D)** Lactic acid bacteria

Table 1. Microbial groups and incubation conditions used in this study

Microbial groups	Selective media	Incubation conditions		Sampling time
		Temperature (°C)	Time (h)	
Total aerobic bacteria	PC agar	30	48	<ul style="list-style-type: none"> • Fresh meat • Marinade (1, 3, 7 days) • Cooking • Storage and ripening (10, 20, 30days)
<i>Enterobacteriaceae</i>	VRBG agar	30	24	
Fecal <i>Enterococci</i>	VRBL agar	42	24	
Yeast and mold	Malt Extract Agar	25	48-72	
Lactic acid bacteria	MRS agar	30	72	
Sulphite reducer Clostridium	SPS Agar	37	48	
Salmonella	S-S agar	37	24	

PCA: Plate Count Agar; *VRBG*: Violet Red Bile Glucose; *VRBL*: Violet Red Bile Lactose; *MRS*: Man, Rogosa and Sharpe agar; *SPS*: Sulfite Polymyxin Sulfadiazine; *SS*: Salmonella-Shigella

play an important role in the definition of the organoleptic profile of the final product as reported for several traditional meat products [24–27].

The growth rate of Lactic Acid Bacteria (LAB) in *Khliia Ezir* during processing is consistent with the pH profile (Figure 2D). It has been well documented that high acidification rates are usually accompanied by fast and high LAB growth rates [28]. However, LAB in *Khliia Ezir* showed a load of 1.64 log cfu g⁻¹ in fresh beef which increase during ripening to reach a maximum value of 4log cfu g⁻¹ after 30 days (Figure 2D). Despite the high rate of LAB, some ripened meat products do not undergo a fermentation period. As reported by Bover-Cid, *et al.* [29], pH may increase during the ripening time due to the liberation of peptides, amino acids and ammonia from proteolytic reactions, which limit the fermentation. The shelf life of these products is often not limited by bacteria but by physico-chemical condition, likely temperature and water activity [30].

Sulphite reducing *Clostridia* and *Salmonella* were not detected in none of the samples during the whole preparation steps of *Khliia Ezir*. We can suggest that the absence of these pathogenic bacteria in *Khliia Ezir* would be a consequence of i) the dual action of salt and spices; ii) the cooking temperature and iii) to the conditions of the ecosystem inside the earthenware jar (*Ezir*). A study performed by Pérez-Rodríguez, *et al.* [4] on traditional cooked cured meat from countries of West and South-east of Europe, revealed that the amount of nitrite and salt used are enough sufficient to inhibit the outgrowth of endospores, including those of *Clostridium* and *Botulinum*. Furthermore, Mayrhofer, *et al.* [31] observed that *Salmonella* were not detected in cooked beef at an end-point cooking temperature of 71°C.

The results of the variance analysis showed that the microbiological levels of the evaluated bacterial groups were statistically similar across the 9 preparations during the whole preparation steps. Thus, a consistency was observed which could validate the findings as the first preliminary microbiological results of *Khliia Ezir*. Among the chemical parameters reported in this work, pH values showed no significant differences ($P > 0.05$) for all samples as a function of different preparation steps.

Conclusion

This preliminary work showed that dynamic changes of the microbial profile of *Khliia Ezir* is related to specific its particular preparation steps which involve first, marinade/curing/salting and second, cooking/ripening steps. The results of the present study showed that *Khliia Ezir* could be considered as “shelf stable meat product”. The microbiological stability of the final product after 30 day of storage depends on the combination of several factors, mainly on the action of salt and spices, water activity reduction, temperature and time of cooking and the conditions of storage. Further studies are need for overall characterization of *Khliia Ezir* and its ecosystem using accurate techniques for an overall inventory of the microbiota.

Acknowledgements

The support from INATAA Institute is highly acknowledged. The authors would also thank all the persons involved in this project, namely those from MaQuaV team.

References

- Boudechicha HR, Gagaoua M, Hafid K, Becila S, Boudjellal A, *et al.* (2015) *Khliia Ezir*, a traditional cured meat product of Algeria: Preparation and characterization In: Proceedings of the 61th International Congress of Meat Science and Meat Technology, pp. 1–4, Clermont-Ferrand, France.

- Benkerroum N (2013) Traditional fermented foods of North African countries: technology and food safety challenges with regard to microbiological risks. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 12: 54–89.
- Boudechicha HR, Sellama M, Hafid K, Boudjellal A, Gagaoua M (2016) Adoption of proteomics in traditional meat products: the case of *Khliia Ezir*. In: Food futures: ethics, science and culture, pp: 600–606.
- Pérez-Rodríguez F, Castro R, Posada-Izquierdo GD, Valero A, Carrasco E, *et al.* (2010) Evaluation of hygiene practices and microbiological quality of cooked meat products during slicing and handling at retail. *Meat Sci* 86: 479–485. [Crossref]
- Bennani L, Zenati Y, Faid M, Ettayebi M (1995) Physico-chemical and microbiological characteristics of a dried salted meat product (Kaddid) in Morocco. *Z Lebensm Unters Forsch* 201: 528–532. [Crossref]
- Gök V, Obuz E, Akkaya L (2008) Effects of packaging method and storage time on the chemical, microbiological, and sensory properties of Turkish pastirma—A dry cured beef product. *Meat Sci* 80: 335–344. [Crossref]
- Soldatou N, Nerantzaki A, Kontominas MG, Savvaidis IN (2009) Physicochemical and microbiological changes of “Souvlaki”—A Greek delicacy lamb meat product: Evaluation of shelf-life using microbial, colour and lipid oxidation parameters. *Food Chem* 113: 36–42.
- Casquete R, Benito MJ, Martín A, Ruiz-Moyano S, Aranda E, *et al.* (2012) Microbiological quality of salchichón and chorizo, traditional Iberian dry-fermented sausages from two different industries, inoculated with autochthonous starter cultures. *Food Control* 24: 191–198.
- Lorenzo JM, García Fontán MC, Franco I, Carballo J (2008) Biochemical characteristics of dry-cured lacón (a Spanish traditional meat product) throughout the manufacture, and sensorial properties of the final product. Effect of some additives. *Food Control* 19: 1148–1158.
- Aksu MI, Kaya M (2005) Effect of storage temperatures and time on shelf-life of sliced and modified atmosphere packaged Pastirma, a dried meat product, produced from beef. *J Sci Food Agric* 85: 1305–1312.
- Ferreira V, Barbosa J, Silva J, Gibbs P, Hogg T, *et al.* (2009) Microbiological profile of Salpicão de Vinhais and Chouriça de Vinhais from raw materials to final products: Traditional dry sausages produced in the North of Portugal. *IFSET* 10: 279–283.
- Petit T, Caro Y, Petit AS, Santchurn SJ, Collignan A (2014) Physicochemical and microbiological characteristics of biltong, a traditional salted dried meat of South Africa. *Meat Sci* 96: 1313–1317.
- Papamanoli E, Kotzekidou P, Tzanetakis N, Litopoulou-Tzanetaki E (2002) Characterization of Micrococcaceae isolated from dry fermented sausage. *Food Microbiol* 19: 441–449.
- Cetin B, Sert S, Yetim H (2005) Microbiological quality of the kavurma samples marketed in Erzurum, Turkey. *Ann Microbiol* 55: 27–31.
- Dadalioglu I, Evrendilek GA (2004) Chemical compositions and antibacterial effects of essential oils of Turkish oregano (*Origanum minuti* florum), bay laurel (*Laurusnobilis*), Spanish lavender (*Lavan dulastoechas* L.), and fennel (*Foeniculum vulgare*) on common food borne. *Food Chemistry*.
- Chung JY, Choo JH, Lee MH, Hwang JK (2006) Anticariogenic activity of macelignan isolated from *Myristicifragrans* (nutmeg) against *Streptococcus mutans*. *Phytomedicine* 13: 261–266.
- González B, Diez V (2002) The effect of nitrite and starter culture on microbiological quality of “Chorizo”—a Spanish dry cured sausage. *Meat Science* 60: 295–298.
- Castañ oA, Fontán MCG, Fresno JM, Tornadijo ME, Carballo J (2002) Survival of Enterobacteriaceae during processing of Chorizo de cebolla, a Spanish fermented sausage. *Food Control* 13: 107–115.
- Fernandez-Fernandez E, Rozas-Barrero J, Romeo-Rodríguez MA, Vazque-Oderiz ML (1991) Changes in the physicochemical properties and organoleptic quality of Galician chorizos during curing and after vacuum packing. *Food Chemistry* 60: 555–558.
- Rubio B, Martínez B, González-Fernández C, Garci MD, Rovira J, *et al.* (2006) Influence of storage period and packaging method on sliced dry cured beef “Cecina de Leon”: Effects on microbiological, physicochemical and sensory quality. *Meat science* 74: 710–717.
- Little CL (1998) The microbiological quality of ready-to-eat dried and fermented meat and meat products. *Int J Environ Health Res* 8: 277–284.

22. Limsowtin GKY, Broome MC, Powell IB (2004) Lactic acid bacteria, taxonomy. In Encyclopedia of Dairy Sciences. Roginski H. Oxford, Elsevier, 1470-1478.
23. Lizaso G, Chasco J, Beriain MJ (1999) Microbiological and biochemical changes during ripening of Salchichón, a Spanish dry cured sausage. *Food Microbiology* 16: 219-228.
24. Ferreira V, Barbosa J, Silva J, Vendeiro S, Mota A, et al. (2007) Chemical and microbiological characterization of “Salpicão de Vinhais” and “Chouriço, a de Vinhais”: Traditional dry sausages produced in the north of Portugal. *Food Microbiology* 24: 618-623.
25. Geisen R, Lücke FK, Kröckel L (1992) Starter and protective cultures for meat and meat products. *Fleischwirtsch* 72: 894.
26. Encinas JP, López-Díaz TM, García-López ML, Otero A, Moreno B (2000) Yeast populations on Spanish fermented sausages. *Meat Sci* 54: 203-208. [[Crossref](#)]
27. Ferreira V, Barbosa J, Vendeiro S, Mota A, Silva F, et al. (2006) Chemical and microbiological characterization of alheira: a typical Portuguese fermented sausage with particular reference to factors relating to food safety. *Meat Sci* 73: 570-575.
28. Malti JE, Amarouch H (2008) Microbiological and physicochemical characterization of natural fermented camel meat sausage. *J Food Process Preserv* 32: 159-177.
29. Bover-Cid S, Izquierdo-Pulido M, Vidal-Carou MC (2001) Changes in biogenic amine and polyamine contents in slightly fermented sausages manufactured with and without sugar. *Meat Sci* 57: 215-221.
30. Leistner L, Roedel W (1975) The significance of water activity for microorganisms in meats. In R. B. Duckworth (Ed.), Water relations of foods (pp. 309-323). London: Academic Press.
31. Mayrhofer S, Paulsen P, Smulders FJM, Hilbert F (2004) Antimicrobial resistance profile of five major food-borne pathogens isolated from beef, pork and poultry. *Int J Food Microbiol* 97: 23-29.

Fiche technique de *Khliaa Ezir*

L'objectif final de cette recherche est d'établir une fiche technique descriptive détaillée du produit carné traditionnel Algérien *Khliia Ezir*. L'ensemble des résultats développés dans les parties précédentes ont permis l'enrichissement de la fiche initiale (Boudechicha , 2014).

Fiche technique du produit carné traditionnel Algérien « *Khliia Ezir* »

Nom *Khliia Ezir*

Apparence physique



Etymologie

"*Khliia*" : correspond à l'étape de stockage dans le mélange d'huile d'olive et de graisse.

"*Ezir*" se référant à la jarre en terre cuite ; l'ustensile où la viande est conservé.

Pays Algérie

Zone de préparation (terroir) Est Algérien

Type de viande Viandes rouges (ovine, bovine, caprine et cameline).

Ingrédients Sel, épices (coriandre, carvi, ail), graisse animale, huile d'olive.

Classe Produits carnés cuits et/ou confits.

Durée de conservation De 6 - 12 mois à température ambiante

Spécification Conservation dans une jarre en terre cuite (*Ezir*).

Mode de consommation	Prêt-à-manger, consommé en l'état comme un apéritif avec du pain ou ajouté à des plats traditionnels et aux ragoûts.
Technologie	<ol style="list-style-type: none"> 1. Préparation de la viande (désossage, parage, découpage) ; 2. Enrobage (sel et épices) ; 3. Marinade (à température ambiante, temps 7 jours) ; 4. Cuisson (Ebullition dans de l'eau à 75 – 80 C°/90 min) ; 5. Conditionnement/Conservation (imbibée dans l'huile d'olive et la graisse et conservée dans une jarre en terre cuite).
Composition nutritionnelle (%)	<p>Humidité: 46 à 58% ;</p> <p>Taux de cendres : 5 à 9 %</p> <p>Lipides: 15 à 27%</p> <p>Protéines: 35 à 43 %</p>
Propriétés organoleptiques	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Couleur externe : marron foncé ▪ Couleur interne : rose pale ▪ Texture : très tendre, avec présence de résidus qui représentent les épices. ▪ Arôme : arômes des épices et de l'ail ▪ Goût plus ou moins grassex
Microflores	Bactéries lactiques, levures et moisissure. Absence des germes pathogènes.
Divers	<ul style="list-style-type: none"> - Produit carné sans Appellation d'Origine Protégée ; - Préparé et consommé localement ; - Non industrialisé / ni commercialisé.

Conclusion

L'objectif de notre travail de thèse était la contribution à la description d'une pratique traditionnelle ancestrale appartenant au patrimoine gastronomique et culturel Algérien. A travers la caractérisation d'un produit carné traditionnel « *Khliaa Ezir* », en se basant sur des enquêtes terrains et des expérimentations sur le produit, nos résultats révèlent beaucoup d'informations intéressantes sur son savoir-faire longtemps existant exclusivement chez les populations du Nord-Est de l'Algérie.

La fabrication de *Khliaa Ezir* repose sur un procédé de conservation alliant le salage, la cuisson et conditionnement dans une jarre en terre cuite, dont la durée de conservation peut aller de 6 à 12 mois. Plusieurs facteurs influencent sa fabrication : (1) la qualité de la matière première en lien avec le type de la viande utilisée (pH initial, teneur en matière grasse, poids initial) et (2) les facteurs technologiques liés au procédé de fabrication tels, par exemple, la quantité du sel/épices, temps de la marinade, la température de cuisson et la période de conservation.

Afin de comprendre les mécanismes impliqués dans l'élaboration des propriétés sensorielles de *Khliaa Ezir* et d'identifier les paramètres technologiques gouvernant la qualité finale telles que : la tendreté, la couleur et la flaveur; une approche expérimentale a été entreprise en cinétique sur des échantillons de *Khliaa Ezir* préparés à l'échelle laboratoire suivant le diagramme de préparation traditionnel déduit des résultats de l'enquête.

La caractérisation physicochimique de *Khliaa Ezir* nous a permis de constater que la variation du pH de *Khliaa Ezir* est essentiellement due aux différents traitements appliqués au cours de la préparation à savoir la marinade, la cuisson et la conservation suite à un ensemble de réaction qui est gouvernée par la protéolyse et l'oxydation. De même, la concentration en myoglobine semble être affectée par les différentes étapes de la préparation. Cependant, un développement d'une couleur rouge pourpre au rose est remarquable suite à la formation d'une pseudo oxy-myoglobine au cours de la conservation. D'autre part, l'évolution du taux de l'humidité a présenté une chute progressive et significative au cours de la préparation. L'incorporation de sel provoque une déshydratation osmotique provoquant une exsudation de l'eau. Après cuisson, la teneur en eau diminue significativement ($P < 0.05$) par rapport à la viande marinée, cela est dû à la déstructuration des protéines myofibrillaires qui entraîne la libération de l'eau emprisonnée dans l'espace interstitielle.

Les résultats de l'analyse sensorielle mettent en évidence une différence significative ($p < 0,05$) au niveau de l'appréciation globale des échantillons de *Khliaa Ezir* évalués. Mais

aucune différences significative ($P > 0,05$) n'a été observé au niveau de la tendreté globale, la jutosité, la flaveur, l'aspect gras, le goût de rance, le goût acide, le goût salé, le goût piquant, l'intensité d'odeur, l'arôme d'ail, l'arôme d'épices, la persistance du goût.

Des interactions entre les variables physicochimiques et les caractéristiques sensorielles de *Khliia Ezir* ont été statistiquement établies. Les corrélations et les modèles de régressions nous ont permis de déterminer les facteurs qui sont susceptibles d'expliquer la qualité finale du produit.

La protéolyse, un des phénomènes biochimiques majeurs se déroulant lors du procédé, dépend des teneurs en eau et en sel, de la température et du pH, et sa maîtrise conditionne en grande partie la qualité finale de *Khliia Ezir*, notamment ses propriétés sensorielles, comme la texture et la flaveur. La caractérisation électrophorétique par SDS-PAGE (monodimensionnelle) de *Khliia Ezir* a révélé des modifications significatives sur le profil protéique des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques du produit. L'augmentation de la protéolyse dans *Khliia Ezir* est positivement corrélée avec la température et la teneur en eau, mais négativement avec la teneur en chlorure de sodium, ces évolutions sont en très bon accord avec les résultats de la littérature qui nécessite le contrôle du processus de fabrication notamment le salage et le temps/la température de cuisson. Pour mieux caractériser et identifier les différentes protéines révélées, nous avons fait recours à une spectrométrie de masse MALDI-TOF LC-MS/MS qui montre clairement que la cuisson entraîne des modifications significatives qui se traduit par une polymérisation et/ou fragmentation des protéines.

Les mesures texturales réalisées par pénétration sur *Khliia Ezir* pris à des stades de fabrication différents ont confirmé que la dureté de l'échantillon était inversement proportionnelle à la teneur en eau. Cependant, la cuisson représente l'étape cruciale où plusieurs modifications au niveau textural ont été observées. En revanche, une augmentation de la profondeur de pénétration a été notée durant la conservation.

Parallèlement à ces mesures de texture, les mesures structurales effectuées sur les mêmes échantillons ont mis en évidence que le salage et la cuisson de *Khliia Ezir* provoquaient d'importantes modifications de structure aux échelles tissulaire et cellulaire. La surface de section transversale des fibres musculaires a significativement diminué pendant les 7 jours de la marinade. Cette diminution continue jusqu'aux 21^{ème} jours de conservation. Les espaces

extracellulaires (EEC) ont sensiblement diminué au cours de salage, avant d'augmenter au 21^{ème} jour de conservation. Ces évolutions morphologiques sont probablement liées aux mouvements de sel et d'eau dans les muscles lors de la fabrication de *Khliaa Ezir*.

La caractérisation ultra-structurale via une microscopie électronique à transmission nous a apporté de plus amples informations sur les mécanismes mis en jeu. En effet, Il semble clairement que la cuisson entraîne des modifications drastiques au niveau des myofibrilles par une désintégration de la structure de la myofibrille et un raccourcissement latéral et longitudinal du sarcomère. Ce qui engendre la formation des agrégats granulaires suite de la polymérisation des protéines formés au cours de la cuisson.

Le suivi de l'évolution de la charge microbienne de *Khliaa Ezir* de la viande fraîche et au cours des préparations (marinade et cuisson) et conservation, montre une diminution de la flore totale aérobie mésophiles et la flore fongique pendant la marinade et la cuisson. Cela peut être expliquée par l'effet de sel, les épices ainsi l'augmentation de la température qui entraîne la réduction de la charge microbienne. Nous avons constaté également le développement de la flore lactique au cours de la conservation qui peut être due aux conditions favorable à l'intérieur d'*Ezir* (anaérobiose créé par le gras). En revanche, nous avons remarqué l'absence totale des entérobactéries, les anaérobies sulfite- réducteurs et les salmonelles durant les différentes étapes de préparation de *Khliaa Ezir*.

En terme de perspectives, ce travail mériterait d'être complété et conforté par plus de recherches sur l'affinage de *Khliaa Ezir* pour mieux cerner les phénomènes impliqués pendant la période de conservation. Il serait donc intéressant d'approfondir ce volet avec des méthodes adaptées, en commençant par l'exploration du rôle du gras dans le développement des qualités organoleptiques (tendreté, arôme), des qualités nutritionnelles (lipolyse, apport en composés lipidiques) et qualité hygiénique de *Khliaa Ezir*.

La caractérisation du profil aromatique de *Khliaa Ezir*, est également une piste intéressante à explorer afin de définir les composés clés responsable de goût/arôme caractéristique de *Khliaa Ezir*.

Enfin, il serait souhaitable de prendre en compte les mécanismes mis en évidence par les résultats de la thèse afin de définir et de fixer les paramètres pour une éventuelle industrialisation du produit.

Références bibliographiques

-A-

- Abdel-Rahman H.A., Youssef H. and Hafnawey Y. Mycological quality of meat products in Egypt. *Mycol Qual Meat Prod Egypt* 1984;12:153–63.
- Agarkova I. and Perriard J.C. The M-band: an elastic web that crosslinks thick filaments in the center of the sarcomere. *Trends in cell biology* 2005;15(9):477-485.
- Aguilera J.M. and Stanley D.W. Simultaneous heat and mass transfer: dehydration. *Microstructural principles of food processing & engineering* ; 1999.p.373-411.
- Aguilera J.M. Microstructure and food product engineering. *Food Technology* 2000; 54(11):56-65.
- Aguirrezabal M.M., Mateo J., Dominguez M.C. and Zumalacarregui J.M. The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausages. *Meat Sci* 2000;54(1): 77-81.
- Akköse A. and Aktaş N. Curing and diffusion coefficient study in pastirma, a Turkish traditional meat product. *Meat Science* 2014;96(1):311-4.
- Aksu M.I and Kaya M. Production of *pastirma* with different curing methods and using starter culture. *Turk. J.Vet. Anim. Sci* 2002;26:909–916.
- Aksu M.İ. and Kaya M. Some microbiological, chemical and physical characteristics of *pastirma* marketed in Erzurum. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 2001;25(3) :319-326.
- Aksu M.I., Kaya M. and Oz F. Effect of *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus xylosus* on the inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 in *pastirma*, a dry-cured meat product. *J Food Safety* ; 2008;28:47–58.
- Aktas N., Aksu M.I. and Kaya M. Changes in myofibrillar proteins during processing of *pastirma* (Turkish dry meat product) produced with commercial starter cultures. *Food Chem* 2005; 90(4):649-54.
- Aktas N., Kaya M. The influence of marinating with weak organic acids and salts on the intramuscular connective tissue and sensory properties of beef. *Eur. Food Res. Technol* 2001; 213, 88- 94.
- Al-Delaimy K.H.S. and Barakat M.M.F. Antimicrobial and preservative activity of garlic on fresh ground camel meat: I.deffect of fresh ground garlic segments. *J Sci Food Agric* 1971;22(2):96-8.
- Allen K., Cornforth D, Whattier D, Vasavada M, Nummer B. Evaluation of high humidity and wet marinade methods for pasteurization of Jerky. *J Food Sci* 2007;72:C351–5.

- Almli V.L., Verbeke W., Vanhonacker F., Næs T. and Hersleth M. General image and attribute perceptions of traditional food in six European countries. *Food Qual Preference* 2011;22(1):129-38.
- Anifantaki K., Metaxopoulos J., Kammenou M., Drosinos E. H and Vlassi M. The effect of smoking, packaging and storage temperature on the bacterial greening of Frankfurters caused by *Leuconostoc mesenteroides* Subsp. *mesenteroides*. *Italian journal of food science* 2002;14(2):135.
- Anukam K.C. and Reid G. African traditional fermented foods and probiotics. *Journal of medicinal food* 2009;12(6) :1177-1184.
- AOAC (1990). Association of official analytical chemist (15th ed., 931–935). Virginia: Arlington.
- Arnau J., Maneja E., Guerrero L. et Monford J. Phosphate crystals in dry cured ham. *Fleischwirtschaft* 1993;(8) 875–876.
- Astruc T. Carcass composition, muscle structure and contraction. 2014.
- Astruc T. Morphologie du sarcolemme de fibres musculaires anoxiques: résultats préliminaires. 12emes journées des Sciences du muscle et technologies de la Viande, Tours –(France). *Viande et Produits Carnés* 2008; 161-162.
- Astruc T., Gatellier, P., Labas, R., Sante-Lhoutellier, V., Marinova, P. Microstructural changes in m. rectus abdominis bovine muscle after heating. *Meat Science* 2010; 85, 743-751.
- Astruc T., Labas R., Vendevre, J. L., Martin, J. L., & Taylor, R. G.. Beef sausage structure affected by sodium chloride and potassium lactate. *Meat Science* 2008 ; 80(4), 1092–1099.
- Astruc T., Lucas J., Peyrin F., Venien, A., Sante-Lhoutellier, V. Muscle structure affects digestive enzyme bio-accessibility to intracellular compartment. *Food Structure Digestion & Health congress*. 2012; 7-9 march, Palmerston North, New Zealand. Proceeding p. 39.
- Atlas RM. Hand book of microbiological media of examination of food; 1995. CRC Press, Inc.310
- Aubaile-Sallenave F. La Mediterranee, une cuisine, des cuisines. *Social Sci Inf* 1996;35(1):139-94.

-B-

- Barat J.M., Grau R., Ibanez J.B., Pagan M.J., Flores M. and Toldra F. Accelerated processing of dry-cured ham. Part I. Viability of the use of brine thawing/salting operation. *Meat Sci* 2006;72(4):757-65.
- Barbosa-Cánovas G.V., Fernández-Molina J.J., Alzamora S.M., Tapia M.S., López-Malo A. and Chanes J.W. Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas. Rome: Technical Manual FAO Agricultural Services ; 2003. Bulletin 149.
- Baxter R. and Holzappel W.H. A microbial investigation of selected spices, herbs, and additives in South Africa. *J Food Sci* 1982;47(2):570-4.
- Beales N. Adaptation of microorganisms to cold temperatures, weak acid preservatives, low pH, and osmotic stress: a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety* 2004;3(1):1-20.
- Becila S., Hafid K., Gagaoua M., Boudjellal A., Agli A. & Ouali A. (2014) Prediction de la tendreté de la viande d'agneau par penetrometrie. In: 15ème journée sciences de muscle et technologies des viandes JSMTV pp. 105-6, 4 et 5 novembre 2014. Clermont-Ferrand.
- Belgacem Z.B., Ferchichi M., Prévost H., Dousset X. and Manai M. Screening for anti-listerial bacteriocin-producing lactic acid bacteria from "Gueddid" a traditionally Tunisian fermented meat. *Meat science* 2008;78(4):513-521.
- Belomaria M., Ahami A.O.T., Aboussaleh Y., Elbouhali B., Cherrah Y. and Soulaymani A. Origine environnementale des intoxications alimentaires collectives au Maroc: Cas de la région du Gharb Chrarda Bni Hssen. *Antropo* 2007 :14(8).
- Bendahou M., Muselli A., Grignon-Dubois M., Benyoucef M., Desjobert J.M., Bernardini A.F. and Costa J. Antimicrobial activity and chemical composition of *Origanum glandulosum* Desf. essential oil and extract obtained by microwave extraction: Comparison with hydrodistillation. *Food Chemistry* 2008;106(1) :132-139.
- Bendall J.R. and Restall D.J. The cooking of single myofibres, small myofibre bundles and muscle strips from beef *M. psoas* and *M. sternomandibularis* muscles at varying heating rates and temperatures. *Meat Science* 1983;8(2):93-117.
- Benkerroum N., Bouhlal Y, El Attar A and Marhaben A. Occurrence of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157 in selected dairy and meat products marketed in the city of Rabat, Morocco. *J Food Prot* 2004;67(6):1234-7.

- Benkerroum N., Daoudi A. and Kamal M. Behavior of *Listeria monocytogenes* in a raw sausage (merguez) in presence of a bacteriocin-producing strain as a protective culture. *Meat Sci* ; 2003;63:53–8.
- Benkerroum N. Traditional fermented foods of North African countries: technology and food safety challenges with regard to microbiological risks. *Compr Rev Food Sci Food Safety* 2013 ;12(1):54-89.
- Benkerroum N., Daoudi A., Hamraoui T., Ghalfi H., Thiry C., Duroy M. and Thonart P. Lyophilized preparations of bacteriocinogenic *Lactobacillus curvatus* and *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* as potential protective adjuncts to control *Listeria monocytogenes* in dry-fermented sausages. *Journal of Applied Microbiology* 2005;98(1):56-63.
- Bennani L., Faid M. and Bouseta A. Experimental manufacturing of kaddid, a salted dried meat product: control of the microorganisms. *Eur Food Res Technol* 2000;211(3):153-7.
- Bennani L., Zenati Y., Faid M. and Ettayebi M. Physico-chemical and microbiological characteristics of a dried salted meat product (Kaddid) in Morocco. *Z Lebensm Unters Forsch* 1995;201(6):528-32.
- Bennani L. Qualité de certains produits carnés traditionnels marocains: étude microbiologique, physico-chimique et amélioration de la technologie de fabrication. 2003.
- Bennett E.L. Is there a link between wild meat and food security? *Conserv Biol* ; 2002;16(3):590-2.
- Bloukas J.G., Paneras E.D. and Fournitzis G.C. Effect of replacing pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat Science* 1997;45(2):133-44.
- Bocker U., Ofstad R., Bertram H. C., Egelanddal, B., & Kohler, A. Salt-induced changes in pork myofibrillar tissue investigated by FT-IR microspectroscopy and light microscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2006; 54(18), 6733–6740.
- Boesen E. and Marfaing L. Les nouveaux urbains dans l'espace Sahara-Sahel: un cosmopolitisme par le bas. 2007 [KARTHALA Editions].
- Boudechicha H. R. Caractérisation physicochimique et microbiologique de *Khliia Ezir*, produit carné traditionnel Algérien. Mémoire de magister 2014 ; disponible dans la bibliothèque de l'inataa, université des frères mentouri- Constantine1. P140
- Boudechicha H.R, Gagaoua M., Hafid K., Becila S., Boudjellal A. and Astruc T. *Khliia Ezir*, a traditional cured meat product of Algeria: preparation and characterization. In:

- Proceedings of the 61th International Congress of meat science and meat technology; 2015 [Clermont-Ferrand, France].
- Boudechicha H.R, Nasri I., Bennaceur Z., Sellama M., Hafid K. and Boudjellal A., et al. Microbiological changes during the preparation steps of Khliaa Ezir: a traditional cured meat product of Algeria. *Integr Food Nutr Metab* 2017;4(6): 1-5.
- Boudechicha H.R, Sellama M., Hafid K., Boudjellal A/ and Gagaoua M. 92. Adoption of proteomics in traditional meat products: the case of Khliaa Ezir. In: *Food futures: ethics, science and culture*; 2016. p. 600-6.
- Boudechicha H.R., Sellama M., Lamri M., Boudjellal A. and Gagaoua M. Produits carnés traditionnels des pays d'Afrique du Nord. *Viandes et Produits Carnés* 2018 ;34(3-8) :1-19.
- Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry* 1976;72:248-254.
- Brian M.C. Qualité et sécurité des produits; 1995. (ANNEXES). Tome II,p 2-10, 12-23, 24-30, 32-41, 64-79.
- Budde B.B., Hornbæk T., Jacobsen T., Barkholt V., & Koch A.G. *Leuconostoc carnosum* 4010 has the potential for use as a protective culture for vacuum-packed meats, culture isolation, bacteriocin identification, and meat application experiments. *International Journal of Food Microbiology* 2003; Vol I, 83,171-184.

-©-

- Campos S.D., Alves R.C., Mendes E., Costa A.S.G., Casal S and Oliveira MBPP. Nutritional value and influence of the thermal processing on a traditional Portuguese fermented sausage (*Alheira*). *Meat Sci* 2013;93(4):914-8.
- Canto A.C., Costa-Lima BR, Suman SP, Monteiro MLG, Viana FM, Salim APA and Conte-Junior CA. Color attributes and oxidative stability of longissimus lumborum and psoas major muscles from Nelore bulls. *Meat Science* 2016;121:19-26.
- Canto A.C., Suman S.P, Nair M.N., Li S., Rentfrow G., Beach C.M., Silva T.J., Wheeler T.L., Shackelford SD, Grayson A, McKeith RO and King DA. Differential abundance of sarcoplasmic proteome explains animal effect on beef Longissimus lumborum color stability. *Meat Sci* 2015;102(0):90-98.
- Careaga M., Fernandez E., Dorantes L, Mota L, Jaramillo ME and Hernandez Sanchez H. Antibacterial activity of Capsicum extract against *Salmonella typhimurium* and

- Pseudomonas aeruginosa* inoculated in raw beef meat. *Int J Food Microbiol* 2003;83(3):331-5.
- Cartier P. and Moevi I. Le point sur la qualité des carcasses et des viandes de gros bovins. *Compte rendu final 2007* : (17).p.05
- Casquete R., Benito M.J., Martin A., Ruiz-Moyano S., Aranda E. and Cordoba M.G. Microbiological quality of salchichón and chorizo, traditional Iberian dry-fermented sausages from two different industries, inoculated with autochthonous starter cultures. *Food Control* 2012;24:191-198.
- Cassens R.G. Meat preservation: preventing losses and assuring safety. Wiley; 2008.
- Cassidy F.G. and Hall J.H. *Dictionary of American Regional English: Vol. 1*. Belknap Press of Harvard University Press ; 1985.
- Chabbouh M., Sahli A. and Bellagha S. Does the spicing step affect the quality and drying behaviour of traditional *Kaddid*, a Tunisian cured meat? *J Sci Food Agric* 2013;93(14):3634-41.
- Cherroud S., Cachaldora A., Fonseca S., Laglaoui A., Carballo J. and Franco I. Microbiological and physicochemical characterization of dry-cured Halal goat meat. Effect of salting time and addition of olive oil and paprika covering. *Meat Sci* 2014 ;98(2):129-34.
- Civitello L. *Cuisine and culture: a history of food and people*. John Wiley & Sons; 2011.
- Cohen N., Ennaji H., Hassa M. and Karib H.. The bacterial quality of red meat and offal in Casablanca (Morocco). *Mol Nutr Food Res* 2006 (50):557–62.
- Combes S. and Lebas F. Les modes du logement du lapin en engraissement: Influence sur la qualité des carcasses et des viandes. *10èmes Journées de la Recherche Cunicole* ;2003.p.19-20.
- Condogani F., Martín, A., Córdoba, J. J., Rodriguez, M. M., Nunez, F., & Asensio, M. A. (2001). Evaluation of microbial proteolysis in meat products by capillary electrophoresis. *Journal of applied microbiology*, 90(2), 163-171.
- Cosivi O., Grange J.M., Daborn C.J., Raviglione M.C., Fujikura T., Cousins D., and Meslin F.X. Zoonotic tuberculosis due to *Mycobacterium bovis* in developing countries. *Emerging infectious diseases* 1998 :4(1) : 59.
- Cowan M.M. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews* 1999;12(4):564-582.
- CUQ J.L. Microbiologie Alimentaire: Les relations microorganismes / aliments /consommateurs, Département Sciences ET Technologies des Industries Alimentaires

4ème année. Université Montpellier II Sciences ET Techniques du Languedoc; 2007.p. 2
-17

-D-

- Dachy A. Contribution à l'étude de la contamination bactérienne superficielle des carcasses d'agneaux .Thèse de doctorat vétérinaire 1993, Ecole nationale vétérinaire de Toulouse ; pages : p15-3
- Dadalioglu I. and Everendilek G. Chemical composition and antibacterial effects of essential oils of Turkiye oregano, Bay laurel, Spanish lavender on common food borne pathogens. *J. Agric. Food Chem* 2004;52:8255-8260.
- Daferera D.J, Ziogas B.N. and Polissiou M.G. GC-MS analysis of essential oils from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *Journal of agricultural and food chemistry* 2000;48(6):2576-2581.
- Daoudi A., Frenz J., Martin J. and Mekhtiche L. Les produits charcutiers halal: Charcuterie et préparations bouchères. Conflandey: MAE-ERTI; 2006. p. 492.
- Davey, C.L., Gilbert, K.V. Temperature-dependent toughness in beef. *Journal Science of Food and Agriculture* 1974; 25, 931- 938.
- Deb-Choudhury S., Haines S., Harland D., Clerens S., van Koten C. and Dyer J. Effect of cooking on meat proteins: Mapping hydrothermal protein modification as a potential indicator of bioavailability. *Journal of agricultural and food chemistry* 2014;62(32):8187-8196.
- Dennaï, N., Kharrati, B. and El Yachioui M. Appréciation de la qualité microbiologique des carcasses de bovins fraîchement abattus. *Ann. Méd. Vét* 2001;145.p.270-274.
- Desmond E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat science* 2006 ;74(1):188-196.
- Di Luccia A., Picariello G., Cacace G., Scaloni A., Faccia M., Liuzzi V., Alvitì G. and Spagna Musso S. Proteomic analysis of water soluble and myofibrillar protein changes occurring in dry-cured hams. *Meat Science* 2005;69:479-491.
- Diaz O., Fernandez M., Garcia de Fernando G.D., de la Hoz L. and Ordóñez J.A. Proteolysis in dry fermented sausages: The effect of selected exogenous proteases. *Meat Science* 1997;46:115-128.
- Drosinos E.H., Mataragas M., Xiraphi N., Moschonas G., Gaitis F and Metaxopoulos J. Characterization of the microbial flora from a traditional Greek fermented sausage. *Meat Science* 2005;69(2):307-317.

Durá M.A, Flores M., and Toldrá F. Effect of *Debaryomyces* spp. on the proteolysis of dry-fermented sausages. *Meat Science* 2004;68,319–328.

-E-

El-Khateib T. Microbiological status of Egyptian salted meat (*Basterma*) and fresh sausage. *Journal of Food Safety* 1997;17(3):141-50.

El-Magoli S.B.M. and Abd-Allah M.A. Ethnic meat products j Middle East. In: Encyclopedia of meat sciences. 2nd ed. Oxford: Academic Press; 2014. p. 553-4.

Encinas J.P, López-Díaz T.M., García-López M.L., Otero A and Moreno B. Yeast populations on Spanish fermented sausages. *Meat Science* 2000;54(3):203-208.

Essid I., Ben Ismail H., Bel Hadj Ahmed S., Ghedamsi R. and Hassouna M. Characterization and technological properties of *Staphylococcus xylosum* strains isolated from a Tunisian traditional salted meat. *Meat Sci* 2007 ;77(2): 204-12.

Essid I., Ben Ismail H., Bel Hadj Ahmed S., Ghedamsi R. and Hassouna M. Characterization and technological properties of *Staphylococcus xylosum* strains isolated from a Tunisian traditional salted meat. *Meat Sci* 2007;77(2): 204-12.

Evrat-Georgel C. Bibliographie critique des méthodes instrumentales de mesure de la tendreté de la viande bovine. Département technique d'Élevage et Santé, Service Qualité des Viandes: Paris ; 2008.

-F-

FAO. Food and agriculture organization of the United Nations; 2008. Retrieved on, 15.

Farag R.S., Daw Z.Y., Hewedi F.M. and El-Baroty G.S.A. Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oils. *Journal of food protection* 1989;52(9):665-667.

Farouk M.M. and Bekhit A.E-D. 12 Processed camel meats. *Camel meat and meat products*, vol. 91; 2012. p.186.

Farouk M.M. Production of *Kilishi*. BSc Thesis. University of Maiduguri, Maiduguri, Nigeria;1983.

Farouk M.M and Bekhit A.E-D. 12 Processed camel meats. *Camel meat and meat products*, vol. 91; 2012. p. 186.

Farouk M.M, Regenstein J.M., Pirie M.R., Najm R., Bekhit A.ED and Knowles SO. Spiritual aspects of meat and nutritional security: perspectives and responsibilities of the Abrahamic faiths. *Food Res Int* 2015;76(0):882-95.

- Farouk M.M. Advances in the industrial production of halal and kosher red meat. *Meat Sci* 2013;95(4):805-20.
- Faustman C. and Phillips A. Measurement of Discoloration in Fresh Meat. In *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*: John Wiley & Sons; 2001.
- Feiner G. 13-Typical cooked sausage products from around the world. In: *Meat products handbook*. Woodhead Publishing; 2006. p. 287-96.
- Fernandes R. *Microbiology handbook: dairy products*. Royal Society of Chemistry; 2009.

-G-

- Gagaoua M. and Boudechicha H.R. Ethnic meat products of the North African and Mediterranean countries: an overview. *Journal of Ethnic Foods* 2018; 5(2): 83-98.
- Gagaoua M., Hoggas N. and Hafid K. Three phase partitioning of zingibain, a milk-clotting enzyme from *Zingiber officinale* Roscoe rhizomes. *International Journal of Biological Macromolecules* 2015;73:245-252
- Gagaoua M., Micol D., Richardson R.I., Hocquette J.F., Terlouw E.M.C., Meteau K. and Boudjellal A. Relationships between overall liking score and sensory meat attributes in different types of beef cattle. In *Proceedings of the 59th International Congress of Meat Science and Technology* ; 2013, August. p. 4. Izmir Turkey.
- Gailani M.B. and Fung D.Y.C. Microbiology and water activity relationship in the processing and storage of sudanese dry meat (Sharmoot). *J Food Prot* 1989;52(1):13-20.
- Garcia de Fernando G.D. and Fox P.F. Study of proteolysis during the processing of a dry fermented pork sausage. *Meat Science* 1991;30:367-383.
- Garcia de Fernando, G. D. and Fox, P. F. Study of proteolysis during the processing of a dry fermented pork sausage. *Meat Science* 1991; 30, 367-383.
- Garcia I., Diez V. and Zumalaca'rregui J.M. Changes in nitrogen fractions and free amino acids during ripening of Spanish dried beef: 'Cecina'. *Journal of Muscle Foods* 1997;9:257-266.
- Garcia I., Diez V. and Zumalaca'rregui J.M. Changes in nitrogen fractions and free amino acids during ripening of Spanish dried beef: 'Cecina'. *Journal of Muscle Foods* 1997;9:257-266.
- Garrido R., Domínguez R., Lorenzo J.M., Franco I and Carballo J. Effect of the length of salting time on the proteolytic changes in dry-cured lacóon during ripening and on the sensory characteristics of the final product. *Food Control* 2012;25:789-796.

- Gayler P. and Edwards L. Sausages: mouthwatering recipes from Merguez to Mortadella. Lyons Press; 2011.
- Genot C. *Congélation et qualité de la viande* ; 2000. Editions Quae.
- Gök V., Obuz, E. and Akkaya L. Effects of packaging method and storage time on the chemical, microbiological, and sensory properties of Turkish pastirma—A dry cured beef product. *Meat science* 2008;80(2) :335-344.
- Gonulalan Z., Yetim H. and Kose A. Quality characteristics of doner kebab made from Sucukdough which is a dry fermented Turkish sausage. *Meat Sci* 2004;67:669-674.
- González C.B. and Ockerman H.W. Dry-cured Mediterranean hams: Long process, slow changes and high quality: A review. *J. Muscle Food* 2000;11 : 1–17.
- Grau, R., Albarracín, W., Toldrá, F., Antequera, T., Barat, J.M. Study of salting and post-salting of fresh and thawed Iberian hams. *Meat Science* 2008; 79, 677-682.
- Gregory N .G. et Grandin T. *Animal welfare and meat science*. CABI Pub., 1998.
- Guiraud J.P. Microbiologie alimentaire. Dunod –RIA ; 2003.p.696.
- Guiraud J.P. Microbiologie alimentaire. Dunod, paris; 1998. P. 652.

-H-

- Hacherouf A. Evolution historique et comparative de la consommation alimentaire dans les pays du Maghreb central, vol. 19. Algerie, Maroc, Tunisie: CIHEAM-IAM; 1993.
- Hadjiat S. La cuisine maghebine. Entreprise nationale du livre; 1987.
- Hal F. Le grand livre de la cuisine marocaine. Hachette Pratique; 2005.
- Hamm R. Changes of muscle proteins during the heating of meat. In: Höyem, T., Kvåle, O. (Eds.), Physical, chemical and biological changes in food caused by thermal processing. Applied Science Publishing 1977; pp. 101- 134.
- Harkouss R., Astruc T, Lebert A, Gatellier P, Loison O, Safa H., ... and Mirade PS. Quantitative study of the relationships among proteolysis, lipid oxidation, structure and texture throughout the dry-cured ham process. *Food chemistry* 2015;166:522-530.
- Harkouss R., Mirade PS and Gatellier P. Development of a rapid, specific and efficient procedure for the determination of proteolytic activity in dry-cured ham: definition of a new proteolysis index. *Meat science* 2012 ;92(2) : 84-88.
- Harkouss R., Safa H, Chevarin C, Gatellier P, Lebert A, Daudin JD and Mirade PS. Modèle d'évolution de la protéolyse dans des échantillons de viande de porc en fonction de la température et des teneurs en eau et en sel: Intégration dans un modèle simulant le

- séchage d'un jambon. *14èmes Congrès de la Société Française de Génie des Procédés.(104) 2013; 14. Congrès de la Société Française de Génie des Procédés* congrès de la Société Française de Génie des Procédés, Lyon, FRA, 2013 ; 1-7.
- Heine P. Food culture in the Near East, Middle East, and North Africa. Greenwood Press; 2004.
- Hinton M.H., Hudson W.R. & MED G.C. The bacteriological quality of British beef carcasses sampled prior to chilling, *Meat Sci* 1998. 50, p265-271.
- Holzapfel W.H. The Gram-positive bacteria associated with meat and meat products. *The microbiology of meat and poultry* ; 1998.p.35-84.
- Honikel KO. Curing. In : Handbook of meat processing. Wiley- Blackwell; 2010. p. 125-41.
- Hostetler R.L., Landman, W.A., Photomicrographic studies of dynamic changes in muscle fiber fragments. 1. Effects of various heat treatments on length, width and birefringence. *Journal of Food Science* 1968; 33, 468- 470.
- Huang F., Huang M., Xu X. and Zhou G. Influence of heat on protein degradation, ultrastructure and eating quality indicators of pork. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2011;91(3):443-448.
- Huang T.C and Nip W.K. Intermediate-moisture meat and dehydrated meat. *Meat science and applications* ; 2001.p. 403-442.
- Huff-Lonergan E. and Sosnicki A. Water-holding capacity of fresh meat. *Fact Sheet*;2002.p.4669.
- Hui Y.H., Astiasaran I., Sebranek J., Talon R. Handbook of fermented meat and poultry. John Wiley & Sons ;2014
- Hunt M.C, Sørheim O. and Slinde E. Color and heat denaturation of myoglobin forms in ground beef. *Journal of Food Science* 1999;64(5):847–851.
- Hutchison C.L., Mulley R.C., Wiklund E. and Flesch J.S., Effect of concentrate feeding on instrumental meat quality and sensory characteristics of fallow deer venison. In *Journal of meat science*; 2011.

- 3 -

- Igene J. Traditional African meat products for food security and agroindustrialization: development challenges. Germany: Lambert Acad. Publ; 2009. p. 250. 2008.
- Issanchou S. Consumer expectations and perceptions of meat and meat product quality. *Meat Sci* 1996;43S1(0):5-19.

- Jay J.M. Modern Food Microbiology, sixth ed. Aspen Publishers, Maryland, USA 2000; 679p.
- Jeantet R., Croguennec T., Schuck P. & Brulé G. Science des aliments Biochimie-Microbiologie - procédés - produits 2006 ; Volume 1 : stabilisation biologique et physico-chimique. Edition : TEC&DOC, Londers, Paris, New York, p 79 – 255.
- John L., Cornforth D.P., Carpenter C.E., Sørheim O., Pettee B.C. and Whittier D.R. Comparison of color and thiobarbituric acid values of cooked hamburger patties after storage of fresh beef chubs in modified atmospheres. *Journal of Food Science* 2004;69(8):608–614.
- K-
- Kabak B. and Dobson A.D.W. An introduction to the traditional fermented foods and beverages of Turkey. *Critical reviews in food science and nutrition* 2011;51(3):248-60.
- Kalalou I., Faid M. and Ahami T. Improving the quality of fermented camel sausage by controlling undesirable microorganisms with selected lactic acid bacteria. *Int J Agric Biol* 2004;(6)447-51.
- Kalalou I., Faid M. and Ahami T.A. Control of hazardous microorganisms in " *Kaddid*" from camel meat. *journal of camel practice and research* 2003;10(2):163-167.
- Katsaras K., Budras K.D., The relationship of the microstructure of cooked ham to its properties and quality. *Leben. Wissenschaft Techn.*, 1993, 26, 229–234.
- Kaya M. and Gökalp H.Y. The effects of starter cultures and different nitrite doses on the growth of *Listeria monocytogenes* in sucuk production. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 2005;28(6):1121-7.
- Kayaardi S., Durak F., Kayacier A. and Kayaardi M. Chemical characteristics of kavurma with selected condiments. *International journal of food properties* 2005;8(3) :513-520.
- Kilic B. Current trends in traditional Turkish meat products and cuisine. *LWT Food Sci Technol* 2009;42(10):1581-9.
- Kim K.H., Kim Y.S., Lee Y.K. and Baik M.G. Postmortem muscle glycolysis and meat quality characteristics of intact male Korean native (Hanwoo) cattle. *Meat science* 2000;55(1):47-52.
- Kitamura S-I., Muroya S., Nakajima I. Amino acid sequences of porcine fast and slow troponin T isoforms. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 2006, vol. 70, no 3, p. 726-728.

- Koehler J. Morocco: a culinary journey with recipes from the spice-scented markets of marrakech to the date-filled oasis of Zagora. Chronicle Books LLC; 2012.
- Komprda T., Kuchtik J., Jarosova A., Drackova E., Zemanek L. and Filipcik B. Meat quality characteristics of lambs of three organically raised breeds. *Meat Sci* 2012;91(4):499-505.
- Koutsoumanis K.P. and Sofos J.N. Comparative acid stress response of *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella* Typhimurium after habituation at different pH conditions. *Letters in Applied Microbiology* 2004;38(4):321-326.
- Kraig B. and Sen C.T. Street food around the world: an encyclopedia of food and culture. Abc-clio; 2013.

-I-

- Laemmli H.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of the bacteriophage T4. *Nature* 1970;227:680–685.
- Laranjo M., Talon R., Laukova A., Fraqueza M.J. and Elias M. Traditional meat products: improvement of quality and safety. *J Food Qual* 2017;2017:2.
- Larpent J.P. Microbiologie alimentaire, Technique de laboratoire. Editions Lavoisier; 1997.p.860-87
- Larrea V., Hernando I., Quiles A., Lluch M.A. and Perez-Munuera I. Changes in proteins during Teruel drycured ham processing. *Meat Science* 2006;74:586-593.
- Leistner L. Use of combined preservative factors in food of developing countries. In: Lund BM, Baird-Parker TC, Gould GW, editors. *The microbiological safety and food quality*. Gaithersburg, MD: Aspen Publication ; 2000. p. 294–314.
- Lentz C. Changing food habits: case studies from Africa, South America and Europe. Taylor & Francis; 1999.
- Leroy F., Geyzen A., Janssens M., De Vuyst L and Scholliers P. Meat fermentation at the crossroads of innovation and tradition : a historical outlook. *Trends Food Sci Technol* 2013;31(2):130-7.
- Leveau J.Y., Boiux M. et De Roissart H.B. La flore lactique, 2à40p .In *technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro- alimentaires*. 2ème Ed., Tec & Doc, Lavoisier 1991.. Paris, 451p.
- Lewicki P., Arnau Arboix J, Boto PG, Beringues JC and Moreno IM. Drying. In: *Encyclopedia of meat Sciences*. 2nd ed. Oxford: Academic Press; 2014. p. 471-9.

- Lien R., Hunt M.C., Anderson S., Kropf D.H., Loughin T.M. and Dikeman M.E. Effects of endpoint temperature on the internal color of pork patties of different myoglobin form, initial cooking state, and quality. *Journal of Food Science* 2002;67(3):1011–1015.
- Lizaso G., Chasco J. and Beriain M.J. Microbial and biochemical changes during ripening of salchichón, and Spanish dry cured sausage. *Food Microbiology* 1999;16:219–228.
- López C.M. Identification of small peptides arising from hydrolysis of meat proteins in dry fermented sausages. *Meat science* 2015;104(0):20-9.
- Lorenzo J.M. and Franco D. Fat effect on physico-chemical, microbial and textural changes through the manufactured of dry-cured foal sausage lipolysis, proteolysis and sensory properties. *Meat Science* 2012 ;92(4):704-714.
- Lorenzo J.M., García Fontán M.C., Franco I. and Carballo J. Biochemical characteristics of dry-cured *lacón* (a Spanish traditional meat product) throughout the manufacture, and sensorial properties of the final product. Effect of some additives. *Food Control* 2008;19(12):1148-1158.
- Lorenzo J.M., Martínez S., Franco I. and Carballo J. Biogenic amine content during the manufacture of dry-cured *lacón*, a Spanish traditional meat product: Effect of some additives. *Meat science* 2007;77(2):287-293.
- Løvdal T. The microbiology of cold smoked salmon. *Food Control* 2015;54: 360-73.
- Lücke F.K. Fermented meat products. *Food Res Int* 1994;27(3):299-307.
- Lücke F.K. Utilization of microbes to process and preserve meat. *MeatSc* 2000;56(2):105-15.
- Luft J.H. Improvements in epoxy resin embedding methods. *The Journal of Cell Biology* 1961;9(2):409-414.
- Lynch M.P and Faustman C. Effect of aldehyde lipid oxidation products on myoglobin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2000;48(3):600-604.

-A-

- MacVeigh J. *International cuisine*. Cengage Learning 2008.
- Malti J.E. and Amarouch H. Microbiological and physicochemical characterization of natural fermented camel meat sausage. *Journal of food processing and preservation* 2008; 32(2):159-77.
- Mancini R.A., Hunt M.C., Hachmeister K.A., Kropf D.H. and Johnson D.E. Exclusion of oxygen from modified atmosphere packages limits beef rib and lumbar vertebrae marrow discoloration during display and storage. *Meat Science* 2005 ;69(3) :493–500.

- Marra A.I, Salgado A., Prieto B. and Carballo J. Biochemical characteristics of dry-cured *lacón*. *Food Chemistry* 1999;67:33–37.
- Marshall D.L and Bal'a M.F.A. The microbiology of the slaughter and processing of poultry. In: Davies A, Board R, editors. *Microbiology of meat*. London: Blackie Academic and Professional ; 1998. P. 149–63.
- Martín L., Córdoba J., Antequera T., Timón M. and Ventanas J. Effects of salt and temperature on proteolysis during ripening of Iberian ham. *Meat Science* 1998;49(2):145–153.
- Martin M. Meat curing technology. In *Meat Science and Applications* (Y.H. Hui,W.K. Nip, R.W. Rogers and A.O. Young, eds.) 2001; pp. 491–508,Marcel Dekker,New York, NY.
- Mauriello G., Casaburi A. and Villani F. Proteolytic activity of *Staphylococcus xylosus* strains on pork myofibrillar and sarcoplasmic proteins and use of selected strains in the production of 'Naples type'salami. *Journal of Applied Microbiology* 2002;92(3):482-490.
- Melendo J.A, Beltran J.A, Jaime I., Sancho R. and Roncales P. Limited proteolysis of myofibrillar proteins by bromelain decreases toughness of coarse dry sausage. *Food Chemistry* 1996;57(3):429-433.
- Mitterer-Daltoé M.L, Petry F.C., Wille D.F., Treptow R.O., Martins V. and Queiroz M.I. Chemical and sensory characteristics of meat from Nellore and Crioulo Lageano breeds. *International Journal of Food Science & Technology* 2012;47(10):2092-2100.
- Molly K.; Demeyer, D.; Johansson, G.; Raemaekers, M.; Ghistelinck, M.; Geenen, I. The importance of meat enzymes in ripening and flavour generation in dry fermented sausages. First results of a European project. *Food Chem.* 1997, 59, 539-545.
- Monin G., Marinova P., Talmant A., Martin J.F., Cornet M., Lanore D. and Grasso F. Chemical and structural changes in dry-cured hams (Bayonne hams) during processing and effects of the dehairing technique. *Meat Sci* 1997;47:29- 47.
- Muramoto T., Nakanishi, N., Shibata, M., & Aikawa, A. Effect of dietary b-carotene supplementation on beef color stability during display of two muscles from Japanese Black steers. *Meat Science* 2003; 63(1), 39–42.
- Muriel E. Ruiz J. Ventanas J. Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. *Meat Science*, 2004, vol. 67, no 2, p. 299-307.
- Muthukumarasamy P. and Holley R.A. Microbiological and sensory quality of dry fermented sausages containing alginate-microencapsulated *Lactobacillus reuteri*. *International Journal of Food Microbiology* 2006;111(2):164-169.

- 32 -

- Nam K-C, Jo C. and Lee M. Meat products and consumption culture in the East. *Meat Sci* 2010;86(1):95-102.
- Nishimura T., Ra Rhue M., Okitani A. and Kato H. Components contributing to the improvement of meat taste during storage. *Agricultural and Biological Chemistry* 1988;52(9):2323-2330.
- Nummer B.A., Harrison J.A., Harrison M.A., Kendall P., Sofos J.N. and Andress E. L. Effects of preparation methods on the microbiological safety of home-dried meat jerky. *Journal of food protection* 2004;67(10):2337-2341.
- Nychas G.J.E, Skandamis P.N., Tassou C.C. and Koutsoumanis K.P. Meat spoilage during distribution. *Meat science* 2008;78(1-2):77-89.

- 33 -

- Obanor F., Morton J.D., Geesink G.H. and Bickerstaffe R. Effect of processing on turkey meat quality and proteolysis. *Poult Sci* 2005;84(7):1123-8.
- Offer G. and Knight P. The structural basis of water-holding capacity in meat. *Developments in Meat Science. Lawrie, R.(Ed.). London, United Kingdom: Elsevier Applied Science ;* 1988.p.173-243.
- Olson A., Adelaide M., Roger V., Jaffe A. Troponin T levels and infarct size by SPECT myocardial perfusion imaging. *JACC: Cardiovascular Imaging*, 1977, vol. 4, no 5, p. 523-533.
- Osborn H.M, Brown H., Adams J.B. and Ledward D.A. High temperature reduction of metmyoglobin in aqueous muscle extracts. *Meat Science* 2003;65(1):631–637.
- Ouali A., Herrera-Mendez C.H, Coulis G., Becila S, Boudjellal A, Aubry L and Sentandreu MA. Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science* 2006;74:44-58.
- Oumokhtar B, Berrada H, Ameer N and El Fakir S. Analyse microbiologique de la viande hachée bovine commercialisée à Fès, Maroc. *Les Technologies de laboratoire ;* 2008.3(12).
- Özbey G, Kök F and Muz A. Isolation of *Salmonella* spp. in camel sausages from retail markets in Aydın, Turkey, and polymerase chain reaction (PCR) confirmation. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 2007;31(1):67-71.

- 34 -

- Padilla M., Sid-Ahmad Z, Wassef HH. Consumption and food security in the Mediterranean. In: Hervieu B, Allaya M, editors. Agri-Med: agriculture, fishery, food and sustainable rural development in the Mediterranean region 2005; CIHEAM. Paris (France). Annual Report N° 7, Section IIIp 226–80.
- Palka K. and Daun H. Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine *M. semitendinosus* during heating. *Meat Science* 1999;51(3):237-243.
- Panagou E.Z., Nychas G-J.E, Sofos J.N. Types of traditional Greek foods and their safety. *Food Control* 2013 ; 29:32–41.
- Paramithiotis S., Doulgeraki A.I., Tsilikidis I?, Nychas GJE and Drosinos EH. Fate of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* Typhimurium during spontaneous cauliflower fermentation. *Food Control* 2012;27(1):178-183.
- Peres CM, Peres CI, Hernandez-Mendoza A and Malcata FX. Review on fermented plant materials as carriers and sources of potentially probiotic lactic acid bacteria – with an emphasis on table olives. *Trends Food Sci Technol* 2012;26:31–42.
- Pérez AS, Ruiz AG, Contreras CM and Ibáñez MC. Separation and identification of sarcoplasmic proteins from hams from three white pig crosses containing Duroc. *European Food Research and Technology* 2003;216(3):193-198.
- Perez-Palacios T., Ruiz J, Barat JM, Aristoy MC and Antequera T. Influence of pre-cure freezing of Iberian ham on proteolytic changes throughout the ripening process. *Meat Science* 2010;85:121-126.
- Pérez-Rodríguez F, Castro R, Posada-Izquierdo GD, Valero A and Carrasco E. Evaluation of hygiene practices and microbiological quality of cooked meat products during slicing and handling at retail. *Meat Sci* 2010;86:479-485
- Petit T., Caro Y, Petit AS, Santchurn SJ and Collignan A. Physicochemical and microbiological characteristics of biltong, a traditional salted dried meat of South Africa. *Meat Sci* 2013;96 (3):1313-1317.
- Phillips A.L., Mancini R., Sun Q, Lynch M.P. and Faustman C. Effect of erythorbic acid on cooked color in ground beef. *Meat Science* 2001;57(1):31–34.
- Picard B., Gagaoua M. and Hollung K. Chapter 13: proteomics as a tool to explain/predict meat and fish quality. In: Purslow, P. (ed.) *Meat quality aspects: from genes to ethics*. Elsevier, New York, NY, USA;2016.
- Prakash R., Zhang Y., Feng W. and Jasin M. Homologous recombination and human health: the roles of BRCA1, BRCA2, and associated proteins. *Cold Spring Harbor perspectives in biology* 2015: 7(4), a016600.

- Prakash V. Chapter 1-Introduction: the importance of traditional and ethnic food in the context of food safety, harmonization, and regulations. In: Regulating safety of traditional and ethnic foods. San Diego: Academic Press; 2016. p. 1-6.
- Promeyrat, A., Gatellier, P., Lebret, B., Kajak-Siemaszko, K., Aubry, L., Santé- Lhoutellier, V. Evaluation of protein aggregation in cooked meat. *Food Chemistry* 2010; 121, 412-417.
- Puolanne E. and Halonen M. Theoretical aspects of water-holding in meat. *Meat science* 2010;86(1):151-165.
- R-
- Rantsiou K. and Cocolin L. Fermented meat products. In: Cocolin L and Ercolini D, editors. Molecular techniques in the microbial ecology of fermented foods. New York, NY: Springer New York; 2008. p. 91-118.
- Ray B. and Bhunia A. Foodborne infections. *Fundamental food microbiology* 2008: p.283-313.
- Refai M.K., Niazi Z.M., Aziz N.H. and Khafaga N.E.M. Incidence of aflatoxin B1 in the Egyptian cured meat *basterma* and control by gamma-irradiation. *Mol Nutr Food Res* 2004;47:377–82.
- Renand G., Picard B., Touraille C., Berge P. and Lepetit J. Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat science* 2001;59(1):49-60.
- Reynolds E.S. The use of lead citrate at high pH as an electron-opaque stain in electron microscopy. *The Journal of cell biology* 1963;17(1) :208.
- Rico E., Toldra F. and Flores J. Activity of cathpesin D as affected by chemical and physical dry-curing parameters. *Z. Lebensm. Unters. Forsch* 1990;191:20–23.
- Robert N. and Lanore D. A bank of essential information on Bayonne ham (France). *Viandes et Produits Carnés (France);2003*.
- Roseiro L.C, Gomes A., Gonçalves H., Sol M., Cercas R. and Santos C. Effect of processing on proteolysis and biogenic amines formation in a Portuguese traditional dry-fermented ripened sausage “Chouriço Grosso de Estremoz e Borba PGI”. *Meat science* 2010;84(1):172-179.
- Rowe, R.W.D. Electron microscopy of bovine muscles: IIdThe effects of heat denaturation on post rigor sarcolemma and endomysium. *Meat Science* 1989; 26, 281-294.

- Rozum J.J. Smoke flavor. In *Ingredients in meat products* ; 2009.p. 211-226. Springer, New York, NY.
- Rubio B., Martí'nez B., Gonza'lez-Ferna'ndez C., Garcí'a-Cacha' D., Rovira J. and Jaime I. Effect of modified atmosphere packaging on the microbiological and sensory quality on a dry cured beef product: "Cecina de Leo'n". *Meat Science* 2007;75:512–522.
- Ruiter A. Color of smoked foods. *Food Technol* 1979;33(5). 54-59
- Ruiz A.G, Mariscal C. and Soriano A. Influence of hunting-season stage and ripening conditions on nitrogen fractions and degradation of myofibrillar proteins in venison (*Cervus elaphus*) chorizo sausages. *Meat Science* 2007;76:74-85.
- Ruiz-Ramirez J, Garcia C., Muriel E., Andres A.I. and Ventanas J. Influence of sensory characteristics on the acceptability of dry-cured ham. *Meat Sci* 2002;61:347-54.
- Rust R.E and Knipe C.L. Ethnic meat products in North America. In: Dikeman M and Devine C, editors. *Encyclopedia of meat sciences*. 2nd ed. Oxford: Academic Press; 2014. p. 555-7.
- Rustom I.Y, López-Leiva M.H and Nair B.M. UHT-sterilized peanut beverages: changes in physicochemical properties during storage. *Journal of food science* 1995;60(2):378-383.

-§-

- Salgado A. Fontán M.C. García F. I. Biochemical changes during the ripening of *Chorizo de cebolla*, a Spanish traditional sausage. Effect of the system of manufacture (homemade or industrial). *Food Chemistry*, 2005, vol. 92, no 3, p. 413-424.
- Salloum H. and Lim S. *Arabian nights cookbook: from Lamb Kebabs to Baba Ghanouj, delicious homestyle Arabian cooking*. Tuttle Publishing; 2012.
- Sammel L.M, Hunt M.C, Kropf D.H., Hachmeister K.A., Kastner C.L. and Johnson D.E. Comparison of assays for metmyoglobin reducing ability in beef inside and outside semimembranosus. *Journal of Food Science* 2002a ;67(3) :978–984.
- Sammel L. M., Hunt, M. C., Kropf, D. H., Hachmeister, K. A., Kastner, C. L., & Johnson, D. E. Influence of chemical characteristics of beef inside and outside semimembranosus on color traits. *Journal of Food Science* 2002b; 67(4), 1323–1330.
- Samrakandi M-H and Carantino G. *Manger au Maghreb*. Presses Univ. du Mirail; 2009.
- Sanabria C., Martín-Álvarez, P. J., & Carrascosa, A. V. Colour and moisture changes during the manufacture of Iberian dry-cured ham caused by some biotic and abiotic factors. *Food Science and Technology International* 2004 ; 10, 269–275.

- Santé-Lhoutellier V., Astruc T., Marinova P., Greve E. and Gatellier P. Effect of meat cooking on physicochemical state and in vitro digestibility of myofibrillar proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2008;56(4):1488-1494.
- Sentandreu M.A, Coulis G. and Ouali A. Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science & Technology* 2002;13(12):400-421.
- Seyfert, M., Hunt, M. C., Mancini, R. A., Kropf, D. H., & Stroda, S. L. Internal premature browning in cooked steaks from enhanced beef round muscles packaged in high-oxygen and ultralow oxygen modified atmospheres. *Journal of Food Science* 2004; 69(2), 142–146.
- Šimko P. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives. *Journal of chromatography B* 2002:770(1-2), 3-18.
- Skibsted L. Cured meat products and their oxidative stability, vol. 106. Special Publication- Royal Society of Chemistry ; 1992. p. 266. 266.
- Smires L.B. La Cuisine Marocaine: Algerie, Tunisie, Liban, France, Italie, Espagne, Grèce et plus de 75 recettes supplémentaires. La Societe d'Edition et de Diffusion Al Madariss; 2007..
- Soyer A., Ertaş A.H. and Üzümcüoğlu Ü. Effect of processing conditions on the quality of naturally fermented Turkish sausages (*sucuk*). *Meat science* 2005 ;69(1) :135-141.
- Spaziani M., Torre M.D and Stecchini M.L.Changes of physicochemical, microbiological, and textural properties during ripening of Italian low-acid sausages. Proteolysis, sensory and volatile profiles. *Meat Sci* 2009;81:77-85.
- Speedy A.W. (2003). Global production and consumption of animal source foods. *The Journal of nutrition*, 133(11), 4048S-4053S.
- Stearns P.N., Adas M and Schwartz SB. World civilizations: the global experience. Longman; 2010.
- Steinkraus K.H., Fermentations in food processing. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2002;1(1):23-32.
- Straad I.K., Rasmussen M., Andersen H. J. and Bertram H.C. Aging-induced changes in microstructure and water distribution in fresh and cooked pork in relation to water-holding capacity and cooking loss—A combined confocal laser scanning microscopy (CLSM) and low-field nuclear magnetic resonance relaxation study. *Meat Science* 2007;75(4):687-695.
- Strydom P.E., Ethnic meat products of Africa. In: Encyclopedia of meat sciences. Oxford: Elsevier; 2004. p. 440-1.

- Suman S.P., Faustman C., Lee S., Tang J., Sepe H.A. et Vasudevan P. Effect of muscle source on premature browning in ground beef. *Meat Science* 2004;68(3):457–461.
- Swatland H.J. Physical measurements of meat quality: optical measurements. *Meat Science* 1994; 36(1-2) :251-259.
- Sweeney M.J. and Dobson A.D. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. *International journal of food microbiology* 1998;43(3):141-158.

-T-

- Tabilo G., Flores M., Fiszman S.M. and Toldrà F. Postmortem meat quality and sex affect textural properties and protein breakdown of dry-cured ham. *Meat Sci* 1999;51 :255–260.
- Talon R., Lebert I., Lebert A., Leroy S., Garriga M., Aymerich T. and Patarata L. Traditional dry fermented sausages produced in small-scale processing units in Mediterranean countries and Slovakia. 1: Microbial ecosystems of processing environments. *Meat Science* 2007;77(4):570-579.
- Thorainsdottir K.A., Arason S., Geirsdotir M. and Bogason S.G. Changes in myofibrillar proteins during processing of salted cod (*Gadus morhua*) determined by electrophoresis and differential scanning calorimetry. *Food Chemistry* 2002;77:327-335.
- Todd E.C.D., Szabo R. and Spiring F. Donairs (Gyros) – Potential hazards and control. *J Food Prot* 1986;49:369-377. Vazgecer B, Ulu H, and Oztan A (2004). Microbiological
- Toldrà F., Flores M. and Sanz Y. Dry-cured ham flavour: enzymatic generation and process influence. *Food Chemistry* 1997;59:523-530.
- Toldrà F., Hui Y.H., Astiasaran I., Sebranek J. and Talon R. *Handbook of fermented meat and poultry* ;2014. John Wiley & Sons.
- Toldrà F., Rico E. and Flores J. Cathepsin B, D, H and L activities in the processing of dry cured ham. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 1993;62(2):157-161.
- Toldrà F. Chemistry and Biochemistry of Meat. In handbook of processing meat. Edition a John Wiley & Sons, Inc., Publication; 2010. P. 6, 12.
- Toldrà F. *Dry-cured meat products*. John Wiley & Sons ; 2008.
- Toldrà F. Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products. *Meat science* 1998; 49:S101-S110.
- Toldrà F. The role of muscle enzymes in dry-cured meat products with different drying conditions. *Trends in Food Science & Technology* 2006;17:164–168.

- Tornberg E., Andersson K. and Josell A. The rheological properties of whole and minced meat during cooking as related to sensory and structural characteristics. In *Proceedings of the 1st international symposium on food rheology and structure* ; 1997, March. p. 16-20.
- Tornberg E. Effects of heat on meat proteins–Implications on structure and quality of meat products. *Meat science* 2005;70(3):493-508.
- Toth L. and Potthast K. Chemical aspects of the smoking of meat and meat products. In : Chichester CO, Mrak EM and Schweigert BS, editors. *Advances in food research*. Academic Press; 1984. p. 87-158.
- Trichopoulou A., Soukara S. and Vasilopoulou E. Traditional foods: a science and society perspective. *Food Sci Technol* 2007;18(8):420-7.
- Triki M., Herrero A.M., Jimenez-Colmenero F. and Ruiz-Capillas C. Effect of preformed konjac gels, with and without olive oil, on the technological attributes and storage stability of *Merguez* sausage. *Meat Sci* 2013;93(3): 351-60.

-U-

- Uğuz Ş., Soyer A. and Dalmış Ü. Effects of different salt contents on some quality characteristics during processing of drycured Turkish pastirma. *Journal of Food Quality* 2011;34:204–211.

-V-

- Van de Kop P., Sautier D. and Gerz A. *Origin-based products: Lessons for pro-poor market development*. The Royal Tropical Institute-KIT ; 2006 .
- Vierling E. *Les viandes dans l'alimentation*. CRDP. France 2003; pp58-78. p170.
- Vignolo G., Fontana C and Fadda S. Semidry and dry fermented sausages. In: *Handbook of meat processing*. Wiley-Blackwell; 2010. p. 379-98.
- Vintilă I. and Turcescu A. *Tehnologia activităților din unitățile de alimentație publică și turism*. Editura Didactică și Pedagogică, București ; 2005.
- Virgili R., Sacconi G., Gabba L., Tanzi E. and Soresi Bordini C. Changes of free amino acids and biogenic amines during extended ageing of Italian dry-cured ham. *LWT Food Sci. Technol* 2007; 40:871–878.
- Visessanguan W., Chaijan M., Benjakul S., & Faustman, C. Changes of pigments and color in sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) muscle during iced storage. *Food chemistry*, 2005; 93(4), 607-617.

-W-

- Watson J.L. and Caldwell M.L. *The cultural politics of food and eating : a reader*. Blackwell Publishing ; 2005.
- Wen S., Zhou G., Li L., Xu X., Bai Y. and Li C. Effect of cooking on in vitro digestion of pork proteins: a peptidomic perspective. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2015;(63)250-261.
- Whitesel T. Moroccan finger foods;2011. Available at: http://www.ehow.com/list_6087503_moroccan-finger-foods.html (consulté: 12-01-2016).
- Wilkinson C., Dijksterhuis G.B. and Minekus M. From food structure to texture. *Trends Food Sci. Technol* 2000;*11*:442–450.
- Wu F.Y and Smith S.B. Ionic strength and myofibrillar protein solubilization. *Journal of Animal Science* 1987;*65*(2):597-608.

-X-

- Xiong, Y. L. L. Role of myofibrillar proteins in water-binding in brine-enhanced meats. *Food Research International* 2005; *38*(3), 281–287.

-Y-

- Yetim H., Kayacier A., Kesmen Z and Sagdic O. The effects of nitrite on the survival of *Clostridium sporogenes* and the autoxidation properties of the Kavurma. *Meat Sci* 2006;*72*(2): 206-10.
- Yu T.Y., Morton J.D, Clerens S and Dyer JM. Proteomic Investigation of Protein Profile Changes and Amino Acid Residue Level Modification in Cooked Lamb Meat: The Effect of Boiling. *Journal of agricultural and food chemistry* 2015;*63*(41):9112-9123.
- Yu T.Y., Morton J.D, Clerens S. and Dyer J.M. Proteomic investigation of protein profile changes and amino acid modification residue-level in cooked lamb longissimus thoracis et lumborum: The effect of roasting. *Meat Sci* 2016;*119*:80-8.

-Z-

- Zaika L.L. Spices and herbs: their antimicrobial activity and its determination. *J Food Safety* 1988;*9*(2):97-118.
- Zdolec N. *Fermented meat products: health aspects*. CRC Press; 2017.
- Zhang W.; Xiao, S.; Ahn, D. U. Protein Oxidation: Basic Principles and Implications for Meat Quality. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2013, *53*, 1191–1201.

- Zhao G.M., Zhou G.H., Tian W., Xu X.L., Wang Y.L. and Luo X. Changes of alanyl aminopeptidase activity and free amino acid contents in biceps femoris during processing of Jinhua ham. *Meat Science* 2005;71:612-619.
- Zhu L.G and Brewer M.S. Effects of urea denaturation and pH on the ability of porcine myoglobin to undergo reduction. *Meat Science* 2003;63(4):427–432.
- Zukál E. and Incze K. Drying. *Handbook of meat processing* ; 2010.p. 219-229.

Annexes

Protocole d'évaluation sensorielle de « KHLIAA EZIR »

Devant vous une préparation de *Khliia Ezir* (une viande salée, épicée, cuite et conservée dans une jarre en terre cuite contenant un mélange d'huile d'olive et de graisse) à 21 jours de conservation.

Veillez renseigner après dégustation des morceaux de viande la fiche d'évaluation qui vous a été attribué pour chaque attribut sensoriel.

Attribut sensoriel	Définitions
Tendreté globale	Texture du morceau de viande : dur à extrêmement tendre
Jutosité	La quantité d'eau libérée : non juteux à extrêmement juteux
Cohésion	Comment le morceau de viande fragmente-il à la troisième mastication : de faiblement cohésif (se fragmentant seul) à très cohésif (le morceau garde son intégrité).
Mastication	Nombre de fois nécessaires à mâcher le morceau de viande avant de pouvoir l'avaler : pas difficile à mâcher à extrêmement difficile mâcher
Flaveur	L'intensité de saveur du morceau de viande
Goût salé	Moins salé à extrêmement salé
Graisseux	Le goût lié au taux d'huile et de graisse
Goût de rance	Le goût lié à la rancidité de la matière grasse
Goût acide	Faiblement acide à extrêmement acide
Goût piquant	Moins piquant à extrêmement piquant
Présence de résidus	Quantité de résidus après dégustation
Intensité d'odeur	Faiblement prononcé à fortement prononcé
Arôme d'ail	Le goût lié à l'ail
Arôme d'épices	Le goût lié aux épices

Veillez rincer la bouche avec de l'eau aromatisée (goût pomme) après chaque dégustation.

Merci pour votre aimable collaboration.

Bulletin n° :

Sexe :

Age :

Protocole de l'évaluation sensorielle de « KHLIAA EZIR »

Echantillon N° : ...

- Tendreté globale - |-----| +
- Jutosité - |-----| +
- Cohésion - |-----| +
- Mastication - |-----| +
- Flaveur - |-----| +
- Goût salé - |-----| +
- Graisseux - |-----| +
- Goût du rance - |-----| +
- Goût acide - |-----| +
- Piquant - |-----| +
- Présence de résidus - |-----| +
- Persistance du goût - |-----| +
- Intensité d'odeur - |-----| +
- Arôme d'ail - |-----| +
- Arôme des épices - |-----| +

➤ Couleur

➤ Selon vous, sur une échelle de 0 à 100 quelle est votre appréciation globale du produit

dégusté : 0 |-----| 100

Commentaires

Protocole glycine SDS-PAGE adapté pour les produits carnés
(Boudechicha et al.,2016)

- Monter les plaques avec toutes les précautions d'usage en utilisant les espaceurs adéquats. Vérifier la propreté des plaques.
- Préparer le **gel de séparation ou Résolving gel (12 %)** dans un petit bêcher de 25mL avec un barreau magnétique selon le tableau ci-dessous :

	Volumes pour 2 gels (mL)
Acrylamide / Bisacrylamide	6.0
Tris 1.5 M pH 8.8	3.75
Eau bi-distillée	4.95
SDS 10%	0.1
Agiter avant d'ajouter le TEMED et l'APS en μ L	
TEMED	12
APS 30 mg/mL	100
Volume final (mL)	~15

- Couler 5000 μ l de cette solution pour un gel.
- en fin de coulage recouvrir le gel avec 400 μ l d'éthanol à 70 %.
- laisser polymériser environ 25-30 minutes.
- Préparer le **gel de concentration ou Stacking gel (3.75 %)** dans un petit bêcher de 25mL avec un barreau magnétique selon le tableau ci-dessous :

	Volumes pour 2 gels (mL)
Acrylamide / Bisacrylamide	0.75
Tris 0.5 M pH 6.8	1.5
Eau bi-distillée	3.6
SDS 10%	0.6
Agiter avant d'ajouter le TEMED et l'APS en μ L	
TEMED	10
APS 30 mg/mL	80
Volume final (mL)	~6.55

- Couler le stacking
- Insérer immédiatement les peignes appropriés et laisser polymériser au moins 15 à 20 minutes.

يعتبر "خليع الزير"، منتج تقليدي جزائري مصنع من اللحوم، من أحد الطرق القديمة المستعملة للاحتفاظ باللحوم لمدة طويلة، وتشتمل عملية تصنيعه على كل من التتبيل، الطبخ و النضج في جرة الطين (الزير). الهدف من هذه الاطروحة هو وصف الجوانب المختلفة التي تحدد الصفات الحسية والتكنولوجية لخليع الزير. ومن هذا المنطلق، تم استخدام اثنان وعشرون (22) عينة من خليع الزير تم تحضيرها في المخبر وذلك لدراسة خصائص المنتج في مراحل مختلفة من التحضير. أظهرت النتائج أن خليع الزير بعد 21 يوماً من الحفظ (خليع الزير جاهز للاستهلاك) يحتوي على نسبة رطوبة متوسطة (54.83% ± 3.97). ويتميز بنسبة عالية من الدهون (27.42% ± 3.86) و البروتينات (43.75% ± 0.53). وكشف التقييم الحسي الذي أجري بعد 21 يوماً من الحفظ ان خليع الزير يتميز بسهولة المضغ مع طراوة عالية و بكثافة عالية من النكهة والتي ترجع بشكل خاص إلى رائحة الثوم و التوابل المستعملة. اوضح التحليل الإحصائي للمكون الرئيسي عن تأثير بعض الصفات الحسية على التقييم العام للمنتج. تم إجراء التوصيف البروتيني لمستخلصات البروتينات الميوفبريلية و البروتينات الساركوبلازمية لخليع الزير خلال خطوات التحضير المختلفة باستخدام التفكيك الكهربائي إلى جانب الطيف الكتلي. كشفت النتائج التي تم الحصول عليها وجود فرق كمي في البروتينات خلال مختلف مراحل التحضير، و يبدو أن بعض أنواع البروتينات المحددة هي مؤشرات محتملة لتحلل البروتينات التي تحدث أثناء التحضير. تظهر البيانات البروتينية بوضوح أن الطهي يؤدي إلى تغييرات كبيرة تؤدي إلى بلمرة و/ أو تفكيك البروتينات. علاوة على ذلك، أكدت نتائج الدراسة النسيجية والبنية المجهرية بوضوح العلاقة بين ديناميات تطور التحلل البروتيني وتلك الخاصة بالبنية والصفات المتعلقة بالطراوة و/ أو الصلابة التي تميز الصفات الحسية لخليع الزير. تساهم ظروف تحضير خليع الزير في المحافظة الفعالة على القيمة الغذائية للمنتج ضد الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن التدهور الميكروبي. كشفت الدراسة الميكروبيولوجية ان هناك العديد من العوامل التي تساعد في الاستقرار الميكروبي لخليع الزير وهي: (1) دور الملح والتوابل، (2) درجة الحرارة ووقت الطهي، (3) دور زيت الزيتون والدهون. تساهم النتائج الرئيسية المتحصل عليها من خلال هذه الدراسة في إثراء معرفتنا فيما يتعلق بالآليات التي تتحكم في تطور الصفات الحسية والنكهة والجودة الصحية لخليع الزير. وفي هذا السياق، يقترح تشجيع تحضير المنتج واستغلاله صناعياً؛ وذلك لخصائصه التكنولوجية ومقبوليته سواء الحسية أو الغذائية.

الكلمات المفتاحية: خليع الزير، منتج تقليدي مصنع من اللحوم، التوصيف الفيزيائي الكيميائي، الخواص الحسية، انحلال البروتينات، الجودة الميكروبيولوجية، التركيب والبنية التحتية

«*Khliia Ezir* », a typical Algerian meat product, prepared according to a traditional process based on empirical observations and traditional recipes, consisting of steps of trimming /marinating, cooking/ripening and ageing in earthenware jar (*Ezir*). The objective of this thesis is to characterize the changes occurring in *Khliia Ezir* during the preparation process, and to describe the mechanisms that govern the sensorial and technological qualities of the final product. In this context, twenty two (22) controlled manufacturing were used to characterize *Khliia Ezir* in various stages of preparation. The overall composition of *Khliia Ezir* at 21 days of storage (*Khliia Ezir* ready for consumption) showed that it presented an intermediate moisture content ($54,83\% \pm 3,97$) and high contents of fat ($27,42\% \pm 3,86$) and proteins ($43.75\% \pm 0.53$). Regarding sensorial characteristics, *Khliia Ezir* showed high values for global tenderness and intensity of flavour due mainly to the spices and garlic used. A principal component analysis (PCA) revealed the influence of some sensory attributes on the overall liking of the product. A proteomic characterization of myofibrillar and sarcoplasmic protein extracts of the product during preparation and ripening in earthenware jar out with 1-DE electrophoresis coupled with peptide mass fingerprinting analyses LC-MS/MS was carried. A comparison of the proteome of the two extracts at different days and steps showed quantitative difference in several bands. Some bands might be potential markers of the proteolysis that takes place during the preparation steps. However, cooking step seems to affect considerably the textural properties of the product, by significant changes on the structural proteins. In addition, the results of structural and microstructural characterization confirmed clearly the relationship by between proteolysis, structure and texture during the various stages of *Khliia Ezir* manufacture. *Khliia Ezir* could be considered as “shelf stable meat product”. The microbiological stability of the final product depends on the combination of several factors, mainly on *i*) the action of salt and spices, water activity reduction, *ii*) temperature and time of cooking and *iii*) the conditions of storage. Finally, findings from this thesis provide new insights in the biological mechanisms underlying the development of tenderness, flavor and microbiological stability of *Khliia Ezir*. However, the recovery and industrial exploitation of *Khliia Ezir* is strongly encouraged; especially for its technological proprieties and its sensory and nutritional acceptability.

Keywords: *Khliia Ezir*, traditional meat product, physicochemical characterization, sensory proprieties, proteolysis, microbiological quality, structure and ultrastructure.

«*Khliia Ezir*», produit carné traditionnel Algérien ; constitue une des anciennes méthodes de transformation ancestrale de la viande, dont le procédé de fabrication semble particulier impliquant à la fois l'assaisonnement / la marinade et la cuisson / l'affinage dans une jarre en terre cuite (*Ezir*). L'objectif de la thèse est de caractériser les différents aspects qui déterminent les qualités organoleptiques et technologiques de *Khliia Ezir*. Dans cette optique, vingt et deux (22) fabrications contrôlées ont servi à la caractérisation de *Khliia Ezir* à différents stades de sa préparation. La composition moyenne à 21 jours de conservation (*Khliia Ezir* prêt-à-être-consommer) montre clairement que c'est un produit carné à humidité intermédiaire dont la teneur en eau est de $(54,83 \% \pm 3,97)$. Il est caractérisé par une teneur plus ou moins élevée en matière grasse $(27,42\% \pm 3,86)$ et en protéines $(43.75\% \pm 0.53)$. L'évaluation sensorielle de *Khliia Ezir* à 21 jours de conservation, avec une analyse statistique en composante principale (ACP) a révélée l'influence de certains attributs sensoriels sur l'appréciation globale du produit. Cependant, *Khliia Ezir* est jugé très tendre avec une haute intensité de saveur qui est particulièrement due à la présence d'arôme d'ail. Une caractérisation protéomique des extraits de protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques du *Khliia Ezir* au cours des différentes étapes de préparation a été réalisée avec une électrophorèse 1-DE couplée d'une spectrométrie de masse *LC-MS/MS*. Les résultats obtenus ont révélés une différence quantitative dans plusieurs bandes. Certaines espèces protéiques identifiées semblent être des marqueurs potentiels de la protéolyse qui se produit pendant le processus. Les données protéomique montrent clairement que la cuisson entraîne des modifications significatives qui se traduit par une polymérisation et /ou fragmentation des protéines. En outre, les résultats de l'étude histologique et microstructural effectuée ont confirmé clairement le lien entre les dynamiques d'évolution de la protéolyse, et celles de la structure et de la texture au sein de *Khliia Ezir*. Les conditions de préparation de *Khliia Ezir* assurent une préservation efficace contre les microorganismes responsables de la détérioration microbienne. Plusieurs facteurs améliorent la stabilité microbienne du produit à savoir *i*) l'action du sel et des épices, *ii*) la température et le temps de cuisson et *iii*) la conservation dans l'huile d'olive et la graisse en créant des conditions sous vide. Les principaux résultats contribuent à enrichir nos connaissances concernant les mécanismes gouvernant le développement de la tendreté, la flaveur et la qualité hygiénique de *Khliia Ezir*, pour cela la valorisation et l'exploitation industrielle du produit est vivement encouragé ; notamment pour ses propriétés technologiques et son acceptabilité autant sur le plan sensoriel que nutritionnel.

Mots clés : *Khliia Ezir*, produit carné traditionnel, caractérisation physicochimique, propriétés sensorielles, protéolyse, qualité microbiologique, structure et ultrastructure.