

# République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Scientifique

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de

L'Univers

Département de biologie

En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER

Option : Microbiologie Appliqué et contrôle de qualité

Thème

CARACTERISATION MICROBIOLOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES D' « EL-KADDID » UNE VIANDE SALEE SECHEE TRADITIONNELLE.

Présentée par

Mme : BENARIBA NADJET

Melle : BENMILOUD MERIEM AHLEM

Devant le jury composé de :

Dr Benamar Bellifa Samia	MCA	Université de Tlemcen
Dr Cherif Antar Asma	MCB	Université de Tlemcen
Dr Bendimerad Nahida	MCB	Université de Tlemcen

2021-2022

## ***Remerciement***

*Nous tenons à remercier le bon Dieu de nous avoir donné le courage et la volonté a fin de réaliser ce modeste travail.*

*Nous remercions nos familles et tous ceux qui nous ont aidés de prés ou de loin.*

*Nous tenons remercier notamment, notre encadreur Nahida Bendimerad.*

*Nous remercions également, les membres de jury d'avoir accepté de jurer ce travail.*

*Nadjat et Meriem*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*A ma mère,*

*Quoi que je fasse ou que je dise, que resteent  
toujours la lumière qui éclaire notre chemin.*

*A mon mari « Ghomri Houari » pour leur  
soutien et leur encouragement.*

*A mes sœurs : » Fadhela, soulef*

*A tous les amies et proches surtout « Touil  
IBRAHIM »*

*A tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre  
a contribué à l'aboutissement de ce travail.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à :*

*A la mémoire de mon grand-mère, grand-père, ma tante, et mon oncle*

*A celle qui ma donné la vie, à ma mère, Fatima Zohra*

*A mon père, Mohammed qui ma tout appris, pour toutes les sacrifices qu'il s'est donné pour me voir réussir.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer ma grande admiration, ma considération, et ma sincère affection pour vous mes très chers parents.*

*A ma chère sœur Marwa, et mes très chers frères AbdelKader, Sid-Ahmed AbdelAllah, et AbdelRazak.*

*A mes tantes et oncle.*

*A mes cousines et cousins.*

*A ma meilleure amie Houriya et tous mes amis.*

*A mon binôme Nadjat et sa famille*

*Meriem Ahlem*



# TABLE DES MATIERES

Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction Générale.....	01
<b>Partie I : Synthèse bibliographique</b>	
Chapitre I : Généralité sur lesviandes.....	02
I-1-Définition de la viande .....	02
I-2- Constituants de la viande .....	02
I-3-Transformation du muscle de viande .....	02
I-3-1-Phase de pantelant .....	02
I- 3-2-Phase de la rigidité cadavérique .....	03
I-3-3-Phase de maturation .....	03
I- 4- Caractéristiques de la viande.....	03
I-4-1 Caractéristiques biochimiques.....	03
I-4-1-1-Les lipides .....	03
I-4-1-2-Les protéine.....	03
I-4-1-3-Glucides .....	03
I-4-1-4-Vitamines.....	04
I-4-2-Caractéristiques physico-chimiques .....	04
I-4-2-1- Teneur en eau.....	04
I-4-2-1-Les minéraux .....	04
I-5-Qualité des viandes .....	04
I-5-1-Qualité nutritionnelle.....	04
I-5-2-Qualité organoleptique .....	05
I-5-2-1-La couleur .....	05
I-5-2-2- La tendreté.....	05
I-5-2-3-La flaveur .....	05
I-5-2-4-La jutosité.....	06
I-5-3-Qualité Hygiénique .....	06
I-6-Production de la viande .....	06
I-6-1-Dans le monde.....	06
I-6-2-En Algérie .....	07

I-7-Consommation des viandes rouges.....	07
I-7-1-Dans le monde .....	07
I-7 -2- En Algérie .....	07
I-8- La microflore de la viande .....	07
I-9-Les différents types d'Altération de la viande.....	08
I-9-1-Altération superficielle .....	08
I-9-2-Altération profonde .....	08
Chapitre II : Conservation de la viande .....	09
II-1-Définition.....	09
II-2-Méthodes de conservation.....	09
II-2-1-Méthodes à basse température.....	09
II-2-1-1-Refroidissement.....	10
II-2-1-2-Congélation .....	10
II-2-1-3-Super refroidissement .....	10
II-2-2-Méthodes traditionnelles .....	10
II-2-2-1-Le salage.....	10
II-2-2-2-Le séchage .....	11
II-2-2-2-1-Processus de séchage.....	11
II-2-2-2-2-Séchage-fumage .....	11
II-2-2-3-Le fumage .....	11
II-2-2-3-1-Le fumage à froid .....	12
II-2-2-3-2-Le fumage à chaud .....	12
II-2-2-3-3-Le fumage-séchage .....	12
II-2-2-4-Le marinage .....	12
II-2-2-5-Le sucrage .....	12
II-2-2-6-La friture.....	13
II-2-2-7-La fermentation .....	13
Chapitre III : Viande salées séchées.....	14
III-1-Les viandes salées séchées .....	14
III-1-Les viandes salées séchées dans le monde .....	14
III-1-1-Le Kandi ou Banda .....	14
III-1-2-Le Biltong .....	14

III-1-3-Le Kilishi .....	14
III-1-4-Tidkit .....	14
III-1-5-Khlii .....	15
III-1-6-Le Kitoza .....	16
III-1-7-Le Pastirma .....	16
III-1-8-El-Kaddid .....	16
III-2-Les viandes salées séchées en Algérie .....	16
III-2-1-El M'seli .....	17
III-2-2-La Knaf .....	17
III-2-3-Frégate .....	17
III-2-4-Khliaa Ezir .....	18
III-2-5-El-Kaddid .....	18
III-3-Microflore des produits carnés salés séchés .....	19

## **Partie 2 : Analyse d'articles**

### Matériels et méthodes

Article 01 : Changement microbiologique pendant les étapes de préparation de Khliaa Ezir un produit de charcuterie traditionnel d'Algérie.

1-Introduction .....	22
2-Echantillonnage .....	22
3-Préparation de Khliaa Ezir .....	23
4-Analyses microbiologiques .....	23
5-Mesure de pH.....	24
6-Analyse statistique .....	24

Article 02 : Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'EL-Kaddid provenant de la viande de différentes espèces animales.

1-Introduction .....	25
2-Fabrication et Echantillonnage .....	26
3-Analyses physico-chimiques .....	27
4-Analyse microbiologique .....	28
5-Identification moléculaire des LAB et CNS .....	29
6-Analyse statistique .....	30

Article 03 : Fabrication expérimentale d'un produit de viande El-Kaddid : contrôle des microorganismes.

1-Introduction .....	31
2- Préparation de la viande au laboratoire .....	31
3-Détermination chimique .....	31
4-Détermination microbiologique .....	32
Résultats et Discussion	
Article 01 .....	34
Article 02.....	41
Article 03 .....	54
Conclusion générale .....	60
Référence bibliographique .....	61
Annexe .....	74

## **RESUME**

Parmi les produits alimentaires traditionnels, la viande salée, séchée est préparés à partir de différents types de viande rouge pour être conservés.

Notre partie expérimentale qui devait se faire sur les caractéristiques d'une viande salée et séchée dans le but de valoriser nos produits du terroir, a été remplacée par l'analyse de trois articles sur ce produit traditionnel, vu que la situation sanitaire est critique actuellement dans le monde entier.

Les analyses physicochimiques de ce type de viande ont montré une diminution de l'humidité et de l'activité de l'eau pendant le processus de préparation. La teneur en sel est élevée pendant toutes les étapes de préparation et surtout dans l'étape de maturation. Le pH qui est bas au début commence à augmenter pendant l'étape de conservation. Tous ces facteurs permettent une inhibition des microorganismes surtout les bactéries pathogènes comme *Listéria* et *Clostridium*, alors que la flore lactique est dominante pendant l'étape de maturation et de conservation. Associée à la flore protéolytique et lipolytique, les trois types de flores permettent de donner un certain goût, une saveur et une texture qui caractérise le produit.

Cette viande peut être alors fabriquée industriellement dans l'avenir, puisqu'elle est dotée d'une qualité hygiénique et organoleptiques.

**Mots clés** : viande, sel, séchage, microorganismes, conservation.

## ABSTRACT

Among the traditional food products, salted, dried meat is prepared from different types of red meat to be preserved.

Our experimental part, which was to be done on the characteristics of a salted and dried meat in order to valorise our local products, was replaced by the analysis of three articles on this traditional product, given that the sanitary situation is currently critical throughout the world.

The physicochemical analyses of this type of meat showed a decrease in moisture and water activity during the preparation process and a high salt content during all stages of preparation and especially during the maturation stage. The pH, which was low at the beginning, starts to increase during the preservation stage. All these factors allow an inhibition of microorganisms, especially pathogenic bacteria such as *Listeria* and *Clostridium*, while the lactic flora is dominant during the maturation and preservation stage. In combination with the proteolytic and lipolytic flora, the three types of flora allow to give a certain taste, flavour and texture that characterises the product.

This meat can then be industrially produced in the future, since it has a hygienic and organoleptic quality.

**Key words:** meat, salt, drying, microorganisms, preservation.

# ملخص

من بين المنتجات الغذائية التقليدية، يتم تحضير اللحوم المملحة والمجففة من أنواع مختلفة من اللحوم الحمراء لحفظها.

الجزء التجريبي الذي كان من المفترض إجراؤه على خصائص اللحوم المملحة والمجففة من أجل تقييم منتجاتنا المحلية، تم استبداله بتحليل ثلاثة مقالات عن هذا المنتج التقليدي، حيث أن الوضع الصحي حالياً حرج في جميع أنحاء العالم.

أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية لهذا النوع من اللحوم انخفاضاً في نشاط الرطوبة والماء أثناء عملية التحضير، ونسبة عالية من الملح خلال جميع مراحل التحضير وخاصة أثناء مرحلة النضج. يبدأ الأس الهيدروجيني، الذي كان منخفضاً في البداية، في الزيادة خلال مرحلة الحفظ. كل هذه العوامل تسمح بتنشيط الكائنات الحية الدقيقة، وخاصة البكتيريا المسببة للأمراض مثل الليستيريا والمطثيات، بينما تكون الفلورا اللبنية هي المهيمنة خلال مرحلة النضج والحفظ. بالاقتران مع النباتات المحللة للبروتين والدهون، تسمح الأنواع الثلاثة من النباتات بإعطاء طعم ونكهة وملس معين يميز المنتج.

يمكن بعد ذلك إنتاج هذا اللحم صناعياً في المستقبل، حيث يتمتع بجودة صحية وحسية.

**الكلمات المفتاحية:** اللحوم، الملح، التجفيف، الكائنات الحية الدقيقة، الحفظ.

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01: Constituants d'une viande.....	02
Tableau 02 : Production mondiale de la viande bovine (FAO, 2012).....	06
Tableau 03 : Les différentes appellations de la viande salée séchée en Algérie.....	16
Tableau 4: Différents groupes microbiens et les conditions de culture.....	24
Tableau 5: Evolution du pH des échantillons de El-kaddid provenant de viande des différentes espèces animales .....	41
Tableau 6 : Évolution de l'humidité et de l'activité de l'eau pendant la maturation des échantillons d'El-Kaddid provenant de viandes de différentes espèces animales.....	42
Tableau 7 : Niveau d'oxydation des échantillons d'El-Kaddid provenant de viande de différentes espèces animales .....	43
Tableau 8 : Concentration en chlorure de sodium d'échantillons de viande provenant de différentes espèces d'animaux .....	44



## Liste des figures

Figure 01: Refroidissement des viandes .....	09
Figure 02: Congélation des viandes .....	09
Figure03: Séchage d' El- Kaddid sur un fil à lessive.....	19
Figure04:Protégés par un plastique.....	19
Figure 05 : Carte administrative de l'Algérie et situation géographique des régions de préparation des échantillons d'El-Kaddid .....	21
Figure 06 : Schéma traditionnel de préparation du Khliaa Ezir .....	23
Figure 07 : Schéma traditionnel de la préparation d'El-Kaddid .....	26
Figure 08: Diagramme de préparation de KhliaaEzir.....	36
Figure 09 : Évolution des groupes bactériens (Log UFC/g) et relation avec le pH pendant les principales étapes de préparation du Khliaa Ezir pour A) les bactéries aérobies totales ; B) les entérobactéries ; C) les levures et les moisissures et D) les bactéries lactiques .....	37
Figure 10 : Analyse linéaire montrant l'évolution et la corrélation des paramètres physicochimiques variables par type de viande (mouton, bœuf, chèvre, chameau) et par temps(A: T0, B: T180 ,C :T365) jours ....	46
Figure 11 : Évolution de la population de bactéries lactiques (LAB) dans les échantillons de viande de différentes espèces animales au cours du processus de maturation d'El-Kaddid .....	48
Figure 12 : Évolution de la population de Staphylocoques à coagulase négative (SNC) dans les échantillons de viande de différentes espèces animales pendant le processus de maturation d'El-Kaddid .....	49
Figure 13: Variation de la teneur en humidité au cours du temps dans les conditions atmosphériques de Kaddid .....	54
Figure 14 : Diminution du pH dans le kaddid pendant le séchage .....	55

Figure 15 : Variation de l'indice d'acidité (IDA) des matières grasses et de l'azote non protéique (ANP) dans le kaddid au cours du traitement.....	55
Figure 16 : Profils microbiens des micro-organismes dans le kaddid pendant le traitement.....	57
Figure 17: Profil des microorganismes lypolytiques et protéolytiques dans le Kaddid .....	59

## Liste des abréviations

**CNS** : Staphylocoque à coagulase négative

**SE** : Erreur Standard

**LAB** : Bactéries lactiques

**MRS** : Man - Rogosa - Sharpe

**IDA** : L'indice d'acidité

**ANP** : Azote Non Protéique

**CSP** : Nombre standard de plaques



# **INTRODUCTION GENERALE**

# INTRODUCTION GENERALE

---

## **Introduction :**

Les produits traditionnels font partie du patrimoine de chaque peuple, ils contribuent à sauvegarder leur identité nationale. Chaque jour, nous rencontrons et réalisons des recettes entourées d'un savoir-faire ancestral transmis d'une génération à l'autre. Parmi ces produits nous pouvons citer les produits traditionnels à base de viande (Daoudi et al., 2006).

En Algérie, les produits carnés traditionnels sont peu nombreux et n'ont pas tous été recensés. En effet, ils sont restés limités à leurs niches géographiques d'origine comme le kaddid

Malheureusement, plusieurs d'entre eux sont menacés de disparition pour différentes raisons comme la cherté des viandes, l'exode rural et le changement des habitudes alimentaires Boudechicha HR(2014).

A ce jour, on ne connaît pas l'avenir de ce produit, mais il convient de faire tout ce qui est possible pour le connaître, maintenir leur existence et encourager leur production. Ces produits présentent un bien culturel avant d'être une ressource économique qui doit être exploitée Boudechicha HR(2014).

Tel est l'objectif de cette étude qui permet de valoriser nos produits du terroir tout en les conservant, les protégeant par des appellations d'origine en les rendant industriels dans l'avenir.

Ce travail est divisé en trois parties. La première est une synthèse bibliographique sur les viandes et produits carnés de conservation, en particulier les produits salés et séchés traditionnels. La deuxième partie est une analyse de trois articles sur la caractérisation physico-chimique, microbiologique, statistique et sensorielle d'une viande salée séchée traditionnels connus dans les pays du Maghreb, en particulier l'Algérie et le Maroc

L'analyse des articles a remplacé la partie expérimentale qui devait se faire au laboratoire et qui n'a pas été réalisée vu l'état sanitaire qu'a connu notre pays et le monde entier ces deux dernières années.

**Partie 1 :**

**Synthèse bibliographique**

**Chapitre I :**  
**Généralité sur les viandes**



**Chapitre 1 : Généralité sur les viandes****I- 1-Définition de la viande :**

C'est la chair des animaux : mammifères, oiseaux, et quelque fois les poissons(Staron,1979) destinés pour la nourriture, constitué par des muscles striés après la transformation du post mortem. Contenant aussi d'autres tissus en quantité très variables selon les races, les espèces, l'âge , le régime alimentaire , et la région anatomique concernés. Ce sont les tissus adipeux, conjonctif, os et la peau (Staron, 1982 ; Debiton, 1994 ; Gondret et al., 2004).

**I- 2- Constituants de la viande :**

Les constituants de la viande sont variables selon les espèces : sexe, race, alimentation, muscle, etc... (Cobos, et Diaz,2015) qui comprennent : les protéines, les lipides, l'eau, et les composés azotés.

Les différents composants de la viande sont représentés dans le tableau 1.

Tableau1 : Constituants d'une viande (Kauffman, 2012).

<b>Constituants</b>	<b>Valeurs en pourcentage(%)</b>
L'eau	72-75%
Composés azotés	21%
Protéines	19%
Composés azotés non protéique(nucléotides,peptide, créatine,glucide,)	1.5%
Lipides	1-15%
Cendre(potacium,phosphore,sodium, chlore,calcium,fer,)	1%

**I- 3-Transformation du muscle de la viande :**

Après la mort de l'animal, le muscle est le siège de nombreuses transformations qui conditionnent largement les qualités finales de la viande dont l'évolution passe par des étapes principales :

**I-3-1-Phase de pantelant :**

Qui suit directement l'abattage et se traduit par des contractions persistantes de la musculature, n'excède pas 20 minutes, sa durée coïncide en effet avec la durée de survie du système nerveux et qui est encore actif (Rossert, 1984).

**I- 3-2-Phase de la rigidité cadavérique :**

La durée de cette phase est très variable en fonction du type de muscle et de l'espèce animale (quelques heures 6-10h chez le porc contre 24h chez le bovin). Le temps d'apparition de la rigidité cadavérique ou rigormortis dépend des facteurs intrinsèques. Ils sont liés à l'animal, il s'agit de l'espèce, l'âge, la région de la carcasse et de l'état de l'animal et aussi les facteurs extrinsèques. Il intervient après l'épuisement des réserves énergétiques et l'acidification du tissu musculaire. (Virgign, 2003).

**I- 3-3-Phase de maturation :**

Au cours de laquelle s'élaborent en grande partie les divers facteurs qui conditionnent les qualités organoleptiques de la viande en particulier la tendreté (Rossert, 1984).

**I-4-Caractéristiques de la viande****I- 4-1-Caractéristiques biochimiques :****I-4-1-1-Les lipides :**

Selon la qualité de la viande et les produits carnés, on distingue de nombreux aspects de lipides qui constituent les valeurs nutritionnelles comportant l'énergie, les acides gras polyinsaturés, cholestérol, triglycérides. La graisse se trouve à la surface de la carcasse et autour des muscles ou bien à l'intérieur du muscle. La teneur des lipides dans la viande est entre 1,5% et 13% de graisse. La principale source de cholestérol c'est la viande (Dupin et al, ;1992). Les lipides des viandes sont trouvés sous forme de 40% d'acides gras mono insaturés et 45% d'acides gras saturé et 15% d'acides gras polysaturés. La plupart des lipides des viandes sont des triglycérides (Fredot, 2005).

**I-4-1-2-Les protéines :**

La viande est une source de protéine, mais la teneur en protéine peut varier d'une viande à l'autre (Instj, 2006). La teneur en protéine peut atteindre dans la poitrine du poulet 34,5 % ou 12,3 % chez les viandes de canard, généralement la teneur moyenne en protéines est de 22 % . Les protéines contiennent des scores de digestibilité élevés qui sont déterminées par les scores

des acides aminés corrigés de digestibilités des protéines. La teneur des acides aminés essentiels est une mesure pour différencier les protéines de la viande (Wu, 2009).

**I-4-1-3-Glucides :**

Les tissus musculaires vivants contiennent les glucides en faible concentration 0,5 % à 1,5 %. Le glycogène est le principal glucide, c'est un polysaccharide ramifié composé d'unités α-D-glucose (jusqu'à 50 000) liées par des liaisons α-1,6 glucidiques et α-1,4 gluco-sidiques, chez les animaux vivants. Au cours des contractions musculaires, l'énergie est celle des réserves, elle est fournie par la voie aérobie de la glycolyse. Après la mort et la disparition de l'oxygène, la voie aérobie s'arrête et il y a conversion du glucose en lactate à 28 heures post mortem. Les viandes contiennent d'autres glucides comme les mono et dis-saccharides 0.1-0.15% et les intermédiaires du métabolisme du glycogène (Warriss,2000, Keeton et Eddy, 2004).

**I-4-1-4- Vitamines:**

La viande est une source essentielle de vitamines hydrosolubles, notamment la thiamine (vitamine B1), la riboflavine (vitamine B2), la niacine et les vitamines B6 et B12. La concentration de la vitamine B12 est de 0,31-3,1 mg et niacine, 3,6-12,6 mg par 100 g (Lofgren, 2005).

**I-4-2-Caractéristiques physicochimiques :****I-4-2-1-Teneur en eau :**

Les muscles contiennent environ 60 à 80 % d'eau dont 5 à 10% sous forme liée et 90 à 95 % sous forme libre.

**I-4-2-2-Les minéraux :**

La viande est très riche en minéraux : phosphore, potassium, magnésium, fer, cuivre, zinc et sélénium. La viande rouge contient des concentrations importantes de fer. On trouve d'autres minéraux comme le calcium et le sodium en faible concentration (Lofgren, 2005), des hydrosolubles du groupe B (B1, B2, B3, B6) (Durin et al. 1992 ; Maartin, 2001). Les vitamines de la viande jouent des rôles parfaitement évidents dans la croissance et l'entretien de l'organisme (Rullier, 1999). La viande est riche en zinc et en fer. Une meilleure absorption du fer d'origine animale par notre organisme sert à stocker l'oxygène dans les muscles lors d'un effort (Abdelouahab, 2009).

**I-5-Qualité de la viande :****I- 5-1- Qualité nutritionnelle :**

La richesse en fer et en protéine sont les principaux intérêts de la viande, la teneur moyenne des protéines est 16-20 g par 100g de viande avant cuisson. Biologiquement les protéines sont composés d'acides aminés, mais il ya un déficit des acides aminés soufrés (méthionine et cystines). Les viandes sont dépourvues des vitamines liposolubles.

**I- 5-2-Qualité organoleptique :**

La qualité organoleptique relie les caractéristiques de la viande perçues par les sens du consommateur (l'aspect et la couleur, le goût et la saveur, l'odeur et la flaveur, la consistance et la texture). Ce sont les caractéristiques sensibles (Lameloise et al, 1984; Touraille, 1994 ; Lawrie, 2002).

**I- 5-2-1-La couleur :**

La couleur est le premier perçu par le consommateur (Clinquart ; 2000) elle dépend du degré d'acidité qui est mesuré en pH.

Il y a trois formes chimiques : myoglobine réduite (rouge pourpre), l'oxymyoglobine (rouge vif) et la métamyoglobine (brune). La couleur brune de la viande représente un motif de rejet pour le consommateur (Staron, 1982 ; Touraille, 1994 ; Coibion,2008).

La couleur de la viande varie selon le sexe, l'espèce, la race, le niveau d'exercices et les conditions d'abatage (Froning, 1995 ; Fletcher, 2009).

**I-5-2-2-La tendreté :**

La tendreté est un facteur important pour que la viande doive être acceptée par le consommateur (Rosset, 1984). La tendreté facilite la mastication, la coupure et le broyage de la viande (Vierling, 2003). La tendreté peut varier d'un morceau de viande a un autre, cettedifférenciations est observée au niveau de la répartition, de l'évolution du collagène, des myofibrilles, (Huff- Lonergan et al.,1999). Elle dépend de deux facteurs :

- Facteurs intrinsèques liés à l'animal : l'âge, l'espèce, la race et le sexe.
- Facteurs extrinsèques liés à la technologie appliquée. : Dans les périodes d'abatage, la conservation et la cuisson (Rosset, 1982).

**I- 5-2-3-La flaveur :**

La flaveur est associée aux arômes et saveurs (Cartier,2007). Se sont des composés libérés lors de la cuisson des viandes, ils sont répartis en deux catégories (Fredot,2005)

- Des composés volatils responsables des arômes.
- Des composés non volatils responsables des saveurs.

**I- 5-2-4-La jutosité :**

C'est le liquide intramusculaire libéré lors de la mastication qui est renforcé par la stimulation de la salive dans la bouche. Donc elle dépend du suc musculaire au début et à la fin de la mastication de la viande (Fredot,2005)

**I- 5-3-Qualité hygiénique :**

La viande doit être mise dans des conditions de sécurité, il faut donc la protéger des différentes contaminations (Nutsch et al., 1997). Elle ne doit contenir aucun résidu toxique (métaux lourds, toxines bactériennes), aucun parasite, aucune bactérie pour prévenir la santé du consommateur (Morisetti, 1971; FAO, 2000 ; Coibion, 2008).

**I- 5-4-Qualité technologique :**

C'est l'ensemble des propriétés de la viande qui sont jugées par le consommateur notamment la durée de vie de l'aliment après l'achat dans des conditions de conservation, simplicité d'emploi et de stockage, préparation facile et de longue durée (Touraille, 1994; Brewer, 2010).

**I-6- Production de la viande :****I-6-1-Dans le monde :**

En 2012 la production mondiale de la viande était de 292 millions de tonnes. L'année 2012 a été une année de reprise de production mondiale bovine après une baisse équivalente en 2011 qui résulte de l'amélioration des techniques de l'élevage et l'utilisation du génie génétique pour sélectionner les races. (FAO,2012).

Tableau 2 : Production mondiale de la viande bovine (FAO, 2012)

Année	2009	2010	2011	2012
<b>Viande bovine (million de tonnes)</b>	65 ,0	66,7	66,6	66, _
<b>Production totale (million de tonnes)</b>	283 ,6	294,2	297,1	301 ,8

**I-6-2-En Algérie :**

La production de la viande en Algérie est focalisée sur la production de viande bovine et ovine, alors que les camelins et les caprins sont marginés et confinés aux régions de Sahara. La production de la viande bovine dépend de la logique de l'offre et de la demande (Benfrid, 1998 ; Ferrah, 2005; Sadoud, 2010). Selon l'estimation de la FAO (2013), la production de la viande rouge est accélérée entre l'année 2005 et 2010, mais cette production a connu une chute durant l'année 2011 à l'exception de la viande cameline dont la production a dépassé 190 tonnes en 2011 (FAOstat, 2013).

**I-7-Consommation des viandes rouges :****I-7-1-Dans le monde :**

Durant ces dernières années, le monde a connu une augmentation de la consommation de la viande sauf la région de l'Afrique subsaharienne.

**I-7-2-En Algérie :**

Le niveau de consommation des viandes rouges se situe actuellement à 14 kg/habitant/an. Le marché Algérien est un marché de consommation de viandes fraîches ovines et bovines, cependant les viandes camelines et caprines sont consommées en faible quantité. Cette viande n'étant consommée que dans le sud du pays (CENEAP, 2010). Le lien entre le niveau de consommation et la production sont difficiles à établir en raison des abattages non contrôlés (Sadoud, 2010). Depuis l'année 2002, l'apparition de la consommation des viandes rouges congelées conduira à la réouverture du marché Algérien aux viandes importées.

**I-8-La microflore de la viande :**

Les microorganismes de la viande sont divers, ils peuvent contaminer le muscle lui-même in vivo, soit aux cours des manipulations de carcasses et de découpage ou bien lors de la distribution. La multiplication des germes provoque l'altération de la viande et devient un danger pour la santé des consommateurs. (Bourgeois et Larpent, 1996)

Les germes les plus reconnus dans les viandes rouges sont : *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Micrococcus*, *E. coli*, *Clostridium*, *Streptococcus*, *Lactococcus* et *Bacillus* (Hamad, 2009).

Les levures et les moisissures sont reconnues en diversités, on trouve comme levures *Candida* surtout *Candida lipolytica* et *Sacharomyces* (Aboukheir et Kilbrtus, 1974). *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rizopus* et *Mucor* sont les moisissures les plus répandues (Hadlok, al 1974).

Les germes de contamination sont les germes pathogènes, les plus fréquents sont : *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella*, *Shigella*, *E. coli*, *Yersinia enterocolitica* (Rossert 1978 ; Fournaud 1982 ; bourgeois et al., 1996 ; Korsak et al., 2004).

**I-9-Les différents types d'altérations de la viande :****I-9-1-Altération superficielle :**

C'est l'apparition d'une couche visqueuse, accompagnée d'une odeur nauséabonde, la putréfaction est dû aux genres *Pseudomonas* et *Achromobacter*, qui sont des psychotropes. L'altération superficielle est causée par d'autres bactéries telles que: *Micrococcus*, *Lactobacillus*, des levures ou des moisissures (Bourgeois, 1980).

**I-9-2-Altération profonde :**

La putréfaction profonde s'installe dans les masses musculaires internes des carcasses des viandes, ce type d'altération est traduit par l'apparition d'une couleur anormale (grise ou verdâtre) avec un dégagement d'une odeur très désagréable due au développement des bactéries protéolytiques strictement anaérobies telles que les *Clostridium* (Borch et al., 1996).

## **Chapitre II:**

### **Conservation de la viande**



## **Chapitre II: Conservation de la viande**

### **II-1-Définition :**

C'est l'ensemble des méthodes ou techniques qui permettent de conserver la qualité nutritionnelle, organoleptique, technologique et hygiénique de la viande. Aussi de préserver toutes les conditions qui provoquent les intoxications alimentaires.

### **II-2-Méthodes de conservation de la viande :**

#### **II-2-1-Méthodes à basse température :**

Ces méthodes ont pour but de ralentir ou de limiter la détérioration de la viande avec une température optimale pour limiter la croissance microbienne (Cassens, 1994).

On peut classer ces méthodes à trois niveaux :

- ❖ La réfrigération
- ❖ La congélation
- ❖ La sur-réfrigération

L'objectif de ses niveaux est d'inhiber ou arrêter la croissance microbienne de la viande, mais certaines bactéries psychrophiles et les levures et moisissures leur développement n'est pas empêché par la réfrigération (Neumeyer et al., 1997).



Figure 01: Refroidissement des viandes  
(<https://fr.123rf.com/photo>)



Figure 02: Congélation des viandes  
(<https://www.pinterest.com>)

**II -2-1-1-Refroidissement :**

Après l'abatage, il est nécessaire de réduire la température de la carcasse après éviscération dans les 4 heures qui suit (Usdc, 1995). Le refroidissement est une méthode importante après l'abatage et pendant le transport et l'entreposage pour garantir la qualité nutritionnelle de la viande (Cassens, 1994).

**II-2-1-2-Congélation :**

C'est une méthode qui permet de garder les caractéristiques originales de la viande fraîche. C'est la transformation de l'eau de la viande en glace (Heinz et Hautzinger, 2007). La vitesse de congélation rapide ou lente agit sur la qualité de la viande congelée, c'est à dire dans la congélation lente il ya la formation de grand cristaux de glace ce qui endommage les cellules.

**II-2-1-3-super refroidissement :**

Cette méthode est peu couteuse dans le processus de transport et de stockage (Reynolds, 2007). Cette méthode est utilisée dans la conservation des poissons (Ando et Yamane, 2005) et la volaille (Frperc, 2004).

**II-2-2-Méthodes de conservation traditionnelle :****II-2-2-1- Le salage :**

Le salage et le saumurage sont deux opérations de base en charcuterie qui permettent d'augmenter la saveur grâce au gout salé, et la rétention de l'eau, ce qui assure une bonne conservation de la viande (Couvez et *al.*,2010).

Deux modes de salaison sont utilisés : l'un utilise seulement le sel et l'autre utilise le saumurage (Clinquart et al., 1999 ; Durant ; 1999).

**-Salage à sec :** Est utilisé pour préparer la viande salé et séché. C'est le contact direct de la viande avec le sel.

**-Salage humide (saumurage) :** permet d'immerger la viande dans une saumure. Il n'est pas nécessaire de sécher la viande après le saumurage. Pour obtenir des meilleurs résultatsil faut baisser la température.

Le salage est une étape très importante car un mauvais salage peut entrainer le produit immangeable (trop salé) (Durant,1999).

**II-2-2-2-Le Séchage :****II-2-2-2-1-Processus de séchage :**

Après le salage l'étape qui suit est le séchage, c'est l'élimination de l'eau, la méthode la plus simple est le pressage qui consiste de poser le produit sur une surface plate et propre et presser le plus possible (Durant ;1999).

Le séchage est une technique traditionnelle utilisée pour la conservation des produits tels que les poissons, les viandes et les fruits (Sablonnière,2001).

L'anières de viande sont des morceaux de viandes coupés en rubans puis suspendus sur des crochets ensuite répartis sur des bâtons horizontaux pour le séchage. L'anière de viande ne doit pas toucher l'eau (Durant 1999).

Pour obtenir un bon séchage il faut l'opérer dans des conditions bien hygiéniques, et obtenir des résultats dans un temps sec et très venteux. La chaleur trop forte est contre-indiquée puisque les graisses de la surface de la viande fondent et forment des croûtes et l'intérieure de la viande reste humide, ce qui favorise l'altération du produit, c'est pour cela le produit à sécher ne doit pas être exposé au soleil. S'il doit être exposé au soleil, de préférence le soleil du petit matin ou bien le soleil de la fin de l'après-midi, sinon à l'ombre (temporairement) au milieu de la journée (Durant .1999).

Pour obtenir un séchage uniforme, les morceaux de viande doivent être retournés tous les 2 heures. Pendant la période de séchage le produit doit être protégé contre les parasites et les bactéries pour éviter la détérioration de la viande. Pour obtenir un séchage bien réussi, il faut éviter les insectes : mouches, moustique ne doivent pas toucher la viande à sécher (Maas-Van, 2005 ; Duant 1999).

**II-2-2-2-2-Séchage-salage**

La combinaison du salage –séchage vont obtenir des meilleurs procédés de conservation de la viande puisque l'eau freine l'altération de la viande lors du séchage, cependant le salage empêche la croissance des micro-organismes, prévient la viande contre les insectes et les parasites, d'où l'altération de la viande (Durant ,1999).

**II-2-2-3-Le fumage :**

Le fumage ou fumaison est un ancien procédé de conservation de la viande qui consiste à mettre la viande sous l'action direct ou indirect à la fumée issue de la combustion des plantes.

Le fumage donne une saveur et une couleur pour la viande, et inhibe la croissance des bactéries à la surface du produit. Il permet aussi le séchage partiel du produit, une conservation des composés phénoliques et une protection de la viande contre les insectes notamment les mouches (Durant, 1999).

L'avantage du fumage c'est de permettre la conservation de la viande pendant une longue durée.

On distingue trois types de fumage :(Durant,1999).

**II-2-2-3-1-Fumage à froid :**

C'est un fumage à une température entre 20°C et 25°C, la viande doit être conservée à froid pour être protégée contre l'altération. Il est caractérisé par une durée de conservation plus courte du produit frais.

**II-2-2-3-2-Fumage à chaud :**

La température de fumage est entre 65°C et 100°C, ce type de fumage est spécifique pour les produits crus. La durée de conservation est de deux jours ou plus.

**II-2-2-3-3-Fumage –séchage :**

La température de fumage est entre 45°C et 85°C, c'est un fumage traditionnel, le produit est cuit ensuite séché par déroulement de fumage. Pour obtenir un bon fumage il faut découper la viande en morceaux de 1 cm d'épaisseur et de 5 cm de longueur, et un bon séchage et fumage.

**II-2-2-4-Le marinage :**

C'est un procédé traditionnel qui consiste à mettre la viande dans une solution qui contient des acides organiques et du sel ainsi que des matières grasses comme les huiles, des protéines animales et végétales, des épices et des aromates.

Le marinage se caractérise par la migration des composants de la marinade vers la viande, un échange d'eau et une migration des composants solubles de la marinade de la viande vers la solution. L'effet du pH entraîne un changement physicochimique, ce qui permet une longue conservation du produit (Berri et al ; 2008).

**II-2-2-5-Le sucrage :**

C'est un procédé de conservation de viande qui consiste à utiliser moins de sucre que du sel pour éviter la purification de la viande, le sucre ne rend le produit ni moins savoureux ni moins nutritif. (Berzelli, 1831).

Les viandes fraîches sont conservées plusieurs mois dans des pots en faïence qui contiennent des sirops de sucre froid assez épais. Pour la manger, il faut laver à l'eau chaude et les laisser mourir deux ou trois jours avant de les utiliser. Les indiens conservent les viandes fraîches dans le miel (Anonyme, 1917).

**II-2-2-6-La friture :**

C'est une technique traditionnelle de conservation de viande qui consiste à cuire la viande dans l'eau qui contient du sel ensuite frire dans la graisse fondue ou l'huile et finalement la sécher au soleil, le produit fini est appelé Soyé Galadima. La conservation de la viande peut durer plusieurs semaines, le produit peut remplacer les viandes fraîches ou consommées sans transformation (Sakho, 1992).

**II-2-2-7-La fermentation :**

C'est un procédé de conservation peu coûteux qui consiste à saler la viande et la sécher avant la fermentation. Les bactéries responsables de la fermentation sont les microcoques, les bactéries lactiques. La fermentation inhibe le développement des bactéries pathogènes, améliore la qualité organoleptique du produit, améliore les valeurs nutritionnelles et la digestibilité du produit initial (Kalilou, 1997).

**Chapitre III :**  
**Viande salée séchée**

**Chapitre III : La viande salée séchée****III-1-Les viandes salées séchées dans le monde :****III-1-1- Kandi ou Banda :**

Le Kandi est une viande salée et séchée des régions du Nord du Nigeria. La préparation de Banda (house) ou Kandi se fait à partir de tous types des viandes, même la viande de gibier (Igene et Tukuma, 1986; Fakolade et Omojola, 2008). La viande est découpée en gros morceaux, ensuite salés et épicés, la dernière étape est le séchage partiel au soleil et fumage, puis conservation dans des sacs ou des futs (Igene, 2008). Ce type de viande peut être bouilli avant fumage ou fumage directement.

**III-1-2-Le Biltong :**

Le Biltong est largement consommé en Afrique du Sud, c'est une viande salée et séchée préparé à partir de la viande de bœuf, ou d'antilope, d'autruche, et rarement d'éléphant ou de girafe.

Les viandes sont découpées en bandes de 2.5x20-30cm, ensuite pimentés de sel et/ou des épices ou bien un marinage de vinaigre et d'épices. Les ingrédients ajoutés sont l'ail, le sucre, le salpêtre, les nitrites et nitrates, lacoriandre, le poivre, le quatre-épices et l'anis (Lewis *et al.*, 1957 ; Taylor, 1976 ; Van derRiet, 1982 ; Naidoo et Lindsay, 2010).

**III-1-3- Le kilishi :**

Le kilishi est une viande salée et séchée du Nigeria et des pays du Sahel, préparé à partir de la viande de bœuf, de mouton, de chèvre ou de chameau. La viande est découpée en morceaux de 3-4 mm d'épaisseur et de 0,5-1 m de long. Les morceaux de viande sont ensuite séchés sur de la paille sur une table en bois pendant 4 à 7 heures et retournées pour un séchage uniforme du produit. Finalement, les morceaux de viande séchés sont enveloppés de sauce avec des ingrédients différents selon la méthode de préparation puis mis à rôti. La conservation de kilishipeut durer jusqu'à 12 mois à température ambiante (Igene, 1990 ; Santchuetal.,2012).

**III-1-4-Tidkit:**

Tidkit est un produit carné traditionnel consommé dans les régions du sud du Maroc. C'est un mélange de viandes séchées et de graisse finement hachée. Les morceaux de viande sont mélangés avec du sel et séchées au soleil pendant au moins 7 jours dans des conditions climatiques (Gagaoua et Boudechicha, 2018). Les morceaux séchéesappelées « Tichtar » par

les nomades berbères marocains, sont broyées pour obtenir une poudre de viande. La dernière étape de préparation de Tidkit c'est de le mélanger avec de la graisse animale et de l'eau. Le mélange est habituellement façonné en petites boulettes avant d'être cuites pendant 5 minutes. La conservation de Tidkit se fait à une température ambiante. Les études antérieures ont confirmé que la teneur élevée en matières grasses de Tidkit, peut affecter la stabilité du produit et conduit au développement du goût de rance (Aguirrezábal, 2000). Tidkit est similaire à un produit carné traditionnel Soudanais appelé Sharmoot (Gailani et Fung, 1989) et au Pemmican, un produit carné nord-américain (Rust et Knipe, 2014). Le Pemmican est vendu sur le marché sous forme de « barres énergétiques » consommé partout dans le monde comme apéritif (Rust et Knipe, 2014). Tidkit est utilisé dans les préparations des soupes et des sauces servis lors de rares événements.

#### **III-1-5-Khlii:**

Khlii est un produit carné traditionnel d'origine marocain préparé à partir de la viande du bœuf, chèvre, dromadaire (Bekerroum 2013). La préparation de Khlii consiste à désosser la viande et couper en lanières (5 – 10 cm), et ajouter un mélange de sel, de vinaigre, de cumin, d'huile, de coriandre et d'ail écrasé qui s'appelle « Sharmola ». La conservation du khlii se fait dans un endroit frais avec un malaxage occasionnel pendant 24-36h.

Après le marinage, le séchage se fait au soleil pendant (5 – 7 jours), ensuite la viande est cuite dans une marmite contenant de l'eau, de la graisse animale et de l'huile d'olive. La cuisson se fait avec l'agitation jusqu'à obtention d'une évaporation totale de l'eau (Benkerroum, 2013); (Gagaoua et Boudechicha, 2018 ; Boudechicha et al., 2018).

Après l'étape de cuisson on distingue trois types de khlii :

- ❖ Khlii typique : Il s'agit de lanières de viande entière mélangées avec de la graisse fondue et préserver dans des bocaux en plastique ou en verre et conserver à une température ambiante.
- ❖ Agrish : c'est les petits morceaux de viande avec Sharmola obtenus après la cuisson.
- ❖ Khlii léger : c'est des morceaux de viande trempés dans l'huile d'olive



Khlii est utilisé comme ingrédient dans des plats traditionnels comme les soupes ou consommer avec des œufs comme au petit déjeuner et récemment comme garniture pour la pizza (Smires, 2007). Khlii est utilisés dans de nombreux restaurants marocains. Khlii représente le produit carné le plus vendu sur le marché du Maroc.

**III-1-6- Le kitoza :**

Le Kitosa est un produit traditionnel Malgache, c'est une viande salée, séchée et fumée, fabriqué traditionnellement à partir de viande de bœuf ou de porc coupées en lanières. Le Kitoza est cuit puis séché et fumé au-dessus du feu de la cuisine ou dans des fumoirs artisanaux. La préparation de Kitoza se fait à partir d'une viande fraîche qui est découpé en lanière, ensuite elle subit un salage et assaisonnement, puis marinage, et cuisson pendant 1h20min, à la fin c'est le fumage.

**III-1-7-Pastirma:**

La Pastirma, est une viande salée, séchée très populaire en Turquie légèrement humidifié (Aksu et al., 2002 ; yagli et al., 1998). Elle est obtenue à partir de différentes parties de l'animal. Dans sa fabrication, les muscles entiers sont purgés de la graisse extérieure et des tissus conjonctifs. Ils vont ensuite être salés, séchés, pressés et recouverts d'une pâte connue sous le nom Cemenqui est composé d'ail, de poivron rouge, paprika et de fenugrec (Gok, et al., 2008).

**III-1-8-El Kaddid :**

El Kaddid ou El-Gueddid est un produit carné traditionnel, préparé à partir d'une viande salée et séchée connu dans les pays de Magreb (Maroc, Algérie, Tunisie). La préparation du El Kadidd se fait souvent durant l'Aïd "El-Adha" qui 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 transformés en El Kadid sont les côtes d'agneau, ou d'autres morceaux restants après le découpage de carcasse. La différence de préparation d'El Kadid d'une région à un autre reste dans les techniques de salage et de séchage, les ingrédients utilisés, et l'utilisation finale du produit. L'aspect et la couleur du produit ne sont pas les mêmes.

**III-1-2-Les viande salée séchée en Algérie :**

Tableau3 : Les différentes appellations de la viande salée séchée en Algérie

I	Appellation	Origine
II	Guadid (kadid)	Centre Algérien
III	Achedlouh	La Kabylie (Béjaia, TiziOuzou)
IV	Khlii	Est Algérien
V	Héchim	Mostaganem, Oran, Tyaret, Saida
VI	El M'selli	Nord-ouest de l'Algérie
VII	La knaf	Constantine
VIII	Frégate	Sud d'Algérie (Tamanrasset, Hogar)
IX	KhliiaaEzir	Est Algérien

**III-1-2-1-El M'selli :**

C'est un produit carné traditionnel préparé dans les régions du nord-ouest de l'Algérie. La préparation traditionnelle a été rapporté par Boudechicha (2014). La viande est coupée en morceaux minces ou en longues lanières, ensuite mélanger avec du sel et des ingrédients notamment du poivre noir, de la coriandre, du piment piquant et de l'ail puis laisser mariner une nuit. Les lanières sont ensuite exposées au soleil en les accrochant à un fil pour le séchage. A la fin, il y a ajout de la graisse fondue, et conservation dans des récipients en plastique ou en verre. La consommation de M'selli se fait avec le ragoût ou en sauce (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

**III-1-2-2-Laknaf :**

La Knaf est un produit carné traditionnel fabriqué à partir de la viande d'agneau ou du bœuf, préparé exclusivement dans la région de Constantine. La partie descarcasses la plus utilisé est le gigot. Les morceaux de viande sont salés ensuite épicés par l'ail, coriandre, cumin, après ils sont laissées marinés pendant deux jours. Après la marinade, la viande est cuite dans de l'eau. Laknafse consomme froid. Il peut entrer dans la composition de plusieurs plats comme : les lentilles et pois chiches.

**III-1-2-3-Frégate :**

Le Frégate est un produit carné «adopté» par les habitants originaires du sud d'Algérie, fabriqué à partir de la viande des camelines dans les régions de Tamanrasset et du Hoggar, la viande est découpée en gros morceaux à partir de l'épaule ou de cuisse (5 à 6 cm de longueur et 5cm-10 d'épaisseur), est recouverte de sel et des épices ensuite séchée au soleil puis fumée pendant 72 h. La viande est ensuite enterrée pendant 7 jours. Le Frégate peut subir un séchage pour le conserver ou bien le consommer directement après l'étape du fumage.

**III-1-2-4-KhliaaEzir:**

C'est un produit carné traditionnel typiquement Algérien, préparé et consommé dans l'est Algérien. Le nom khliaa Ezir dérivé de l'ancien nom arabe : « khliaa » qui correspond au stockage dans un mélange d'huile d'olive et de graisse, et « Ezir » se réfère à la jarre en terre cuite (l'ustensile où la viande est conservée) (Boudechicha et al., 2017). C'est une viande salée et séchée. KhliaaEzir est consommée comme un apéritif avec du pain ou ajoutée à des plats traditionnels tels que « Chakhchoukha » et « Aiche » à base de blé dur (Gagaoua et al.,

La viande est découpée en fines morceaux ne dépassant pas les 3 cm (Essid et al., 2007). Elle est ensuite salée (salage sec ou en saumure), puis séchée au soleil pendant quelques jours jusqu'à plusieurs semaines. La détermination des aspects chimiques, microbiologiques, sensorielles dépend des conditions climatiques de la région. La conservation se fait dans des bocaux en verre à une température ambiante dans un endroit sec pour éviter sa réhydratation pendant plusieurs mois jusqu'au moment de sa consommation. (Chabbouh et al, 2013 ; Gagaoua et al., 2018). Khliaa Ezir est immergé dans de l'eau 24h avant la consommation pour la rendre tendre et moins salée, elle est rajoutée à de nombreux plats traditionnels, tel que le couscous (Benlecheheb et al., 2018).

**III-1-2-5- El-Kaddid**

El-Kaddid ou Guedid est une viande salée et séchée préparée généralement pendant la période de l'Aid Elkebir ou il y a un excès de viande.

El- Kaddid est préparé à partir de viande de bœuf ou d'agneau. Les viandes transformées en El- Kaddid sont les entrecôtes, et d'autres parties récupérées après la phase de découpage du mouton. (Essid et al., 2007). Cependant les techniques de préparations, salage-séchage et les ingrédients utilisés dépendent d'une région à une autre (Bennani., 1995 ; Draganski, 2012). Le salage est généralement fait à sec. Parfois, il y a utilisation de la coriandre, du poivre noir et

du pigment rouge pour en rehausser le goût. Puis il y a séchage des morceaux de viande au soleil pendant deux semaines en hiver et une semaine au maximum en été.

El-Kaddid peut être conservé généralement 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 utilisé ou ajouté dans la préparation des plats traditionnels tels que le couscous, le ragout de légumineuses, Aiche, et « Couscous Avissar » (Boudechicha, 2014).



Figure03 : Séchage d'El Kaddid sur un fil à lessive. Figure04: Protégés par un plastique.  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Kaddid#/media/Fichier:Ary-geddid\\_rascovrous.jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Kaddid#/media/Fichier:Ary-geddid_rascovrous.jpg)

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Kaddid#/media/Fichier:Ary-geddid.JPG>

### III-3-Microflore des produits carnés salés séchés :

Le sel a un effet bactériostatique sur de nombreuses bactéries, en particulier les bactéries à Gram négative. Le métabolisme des bactéries lactiques dans le processus de maturation participe à la production de l'acide lactique qui empêche le développement des bactéries indésirables comme les entérobactéries et staphylocoques (Guiraud et al, 2003)

Les dégradations de la viande salée résultent des germes halotolérants causés par un mauvais salage. Le surgissement des viandes salées est dû aux lactobacilles, Leuconostoc et aux Micrococcus (Bjorkroth et al., 2005). La viscosité est provoquée par les moisissures avec un aspect et des colorations indésirables provoquées par les streptocoques fécaux (Omar et al., 2004).

Les viandes salées et séchées peuvent héberger des pathogènes, comme : Clostridium botulinum et Staphylococcus aureus. La présence d'une concentration suffisante en sel nitraté permet d'inhiber leur développement (Marco et al., 2006 ; González et al., 2002). En effet pendant l'étape de pré-maturation, les nitrites empêcheraient le

développement des psychotropes et des Staphylococcus (Honikeletal., 2008 ; Marco et al., 2006 ; Sanz et al., 1998) mais stimulent la croissance des bactéries lactiques .

L'avantage du séchage de la viande est de diminuer au maximum l'activité de l'eau puisque l'humidité entraîne l'altération du produits carné, résultant du développement des bactéries lactiques ou des coliformes, ainsi que l'apparition de couleurs diverses sur le produit. Sous l'action des Bacillus il ya la formation de zones spongieuses (Guiraud et al., 2003 ; Jay et al., 2000).

Les micro-organismes les plus dominantes dans El Kaddid sont les staphylocoques. Cependant, il a été rapporté qu'un nombre élevé de micro-organismes ont été trouvés dans El Kaddid. Ces souches présentaient de bonnes activités antimicrobiennes et lipo-lytiques ainsi que des activités acidifiantes pouvant être utilisées comme initiateurs avec des bactéries lactiques.

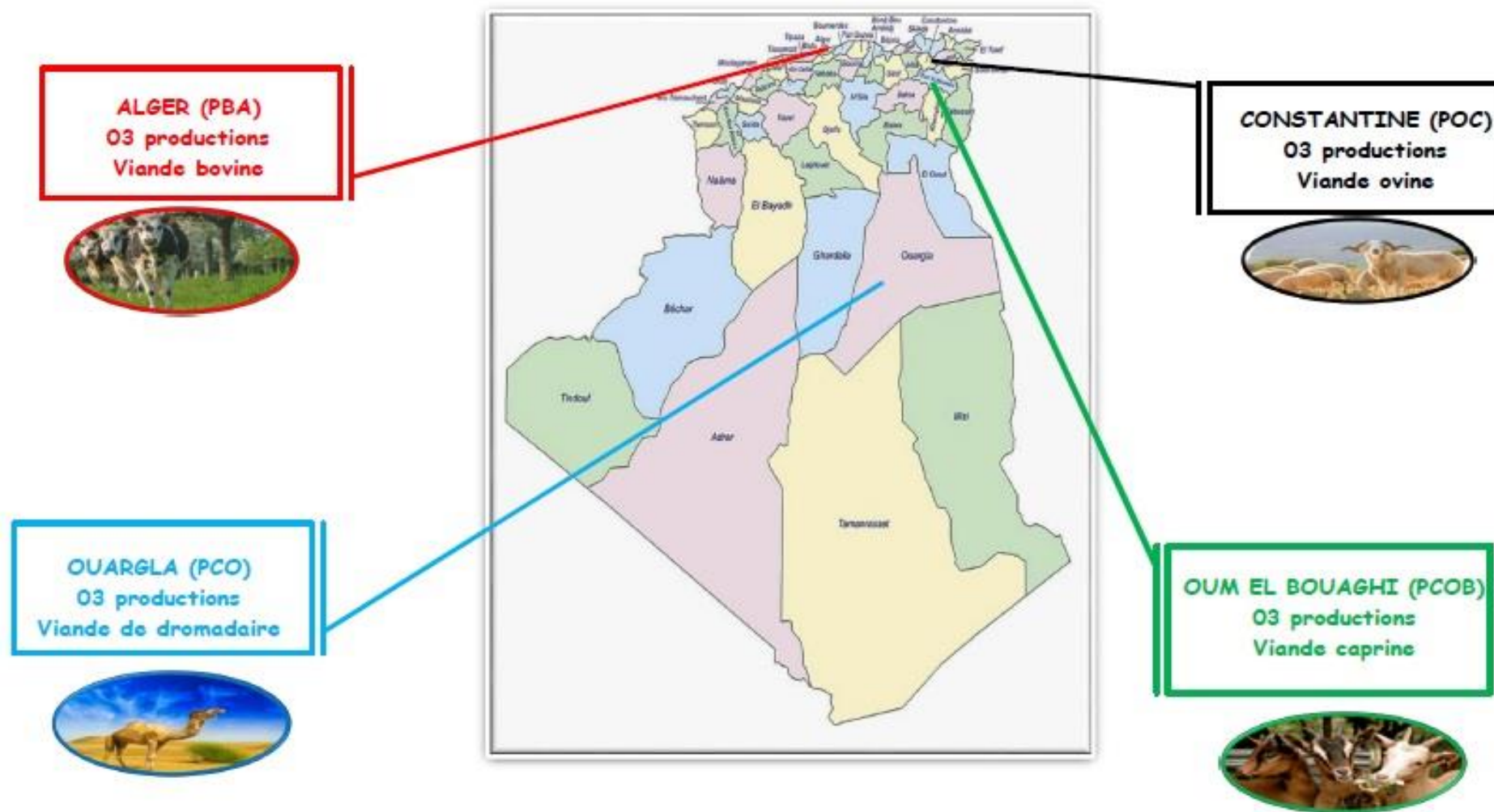


Figure 05 : Carte administrative de l'Algérie et situation géographique des régions de préparation des échantillons d'El-Guedid

# *Partie 2*

## *Analyse d'Articles*

# *Matériels et Méthodes*



**Article 1:** Changement microbiologique pendant les étapes de préparation de Khliaa Ezir un produit de charcuterie traditionnel d'Algérie.

### **1 - Introduction**

Khliaa Ezir est un produit carné traditionnel, préparé généralement à partir de viandes fraîches désossées de bœuf, d'agneau, de chèvre ou de chameau.

Ce travail étudie la flore microbienne pendant les étapes de préparation de Khliaa Ezir : un produit de charcuterie traditionnel d'Algérie.

Selon le schéma traditionnel, KhliaaEzir est préparé à partir de viandes bovine

### **2-Echantillonnage**

On réalise 9 préparations de viande bovine utilisant 2 kg de chaque préparation, la viande bovine fraîche doit être désossée et coupé en morceaux maigres (5-8cm de longueur, 4,6 cm d'épaisseur), ensuite salé et séché. L'étape suivante est une marinade des morceaux de viande dans un mélange d'épices (cumin, carvi, ail et coriandre) durant 7 jours puis cuite dans l'eau à 80 °C.

Après la cuisson, les morceaux de viande cuits sont conservés dans un pot en terre cuite (Ezir) et couverte d'un mélange d'huile d'olive et graisse de bœuf fondu.

Des échantillons sont pris de chaque étape de préparation de Khliaa Ezir :

Des échantillons de viande fraîche (0 jours), des échantillons de l'étape de marinade, (1,3,7 jours), des échantillons de viande cuites, des échantillons de l'étape de conservation (à 10,20, et 30 jours). Ce lot est préparé pour les analyses microbiologiques en trois exemplaires).

### 3-Préparation de KhliaaEzир

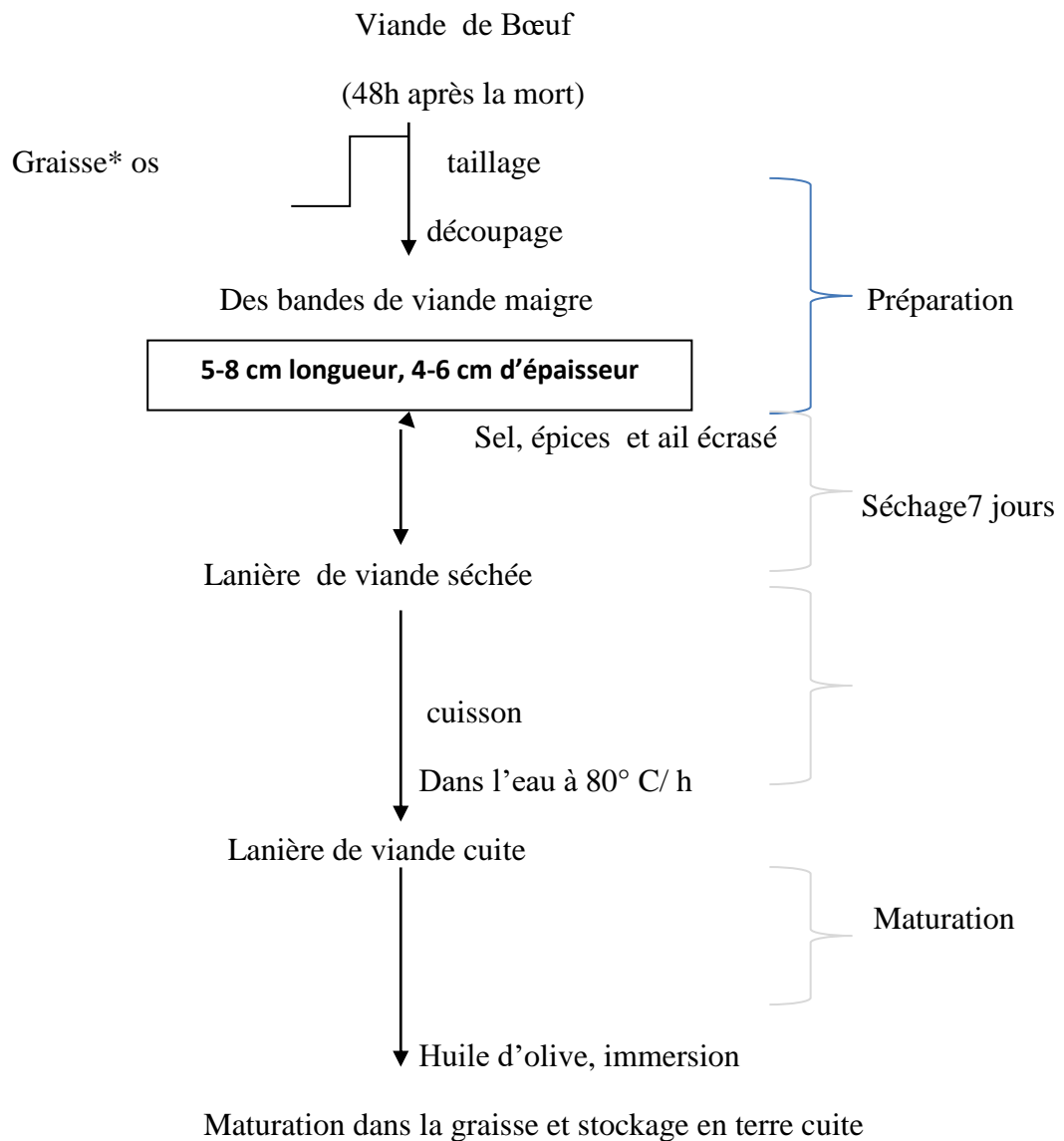


Figure 06 : Schéma traditionnel de préparation du Khliaa Ezir

### 4-Analyses microbiologiques

10g de chaque échantillons a été mélangé à 90 ml d'eau peptonée tamponnée (Laboratoire, combourg, France), puis le mélange a été homogénéisé pendant 2 minute à l'aide d'un homogénéisateur PT- MR 2100 kinematica (AG S Suit Zetland)

Les dilutions préparées été de  $10^{-1}$  à  $10^{-6}$  pour chaque échantillon. 1 ml de chaque dilution de produit a été inoculé dans le milieu de culture

**Tableau 4:** Différents groupes microbiens et les conditions de culture

Groupes microbiens	MESSAilieux de cultures sélectifs	Température (°C)	Temps (h)	Différents échantillonnage
Total des bactéries aérobies	PC agar	30	48	- Viande de fraîche - Marinade (1, 3, 7 jours) - Cuisson - Stockage et maturation (10,20,30 jours).
Enterobacteriaceae	Gélose VRBG	30	24	
Entérocoques fécaux	Gélose VRBG	42	24	
Levures et moisissures	Agar d'extrait de malt	25	48-72	
Bactéries lactiques	MRS agar	30	72	
Clostridium sulfite-réducteurs	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.				

Les analyses microbiologiques ont été exprimés en  $\log_{10}$  /ufc/g et effectuées duplicata.

### 5-Mesure du pH

Le pH a été mesuré trois fois pour chaque échantillon prélevé au cours des étapes de préparation : marinade, cuisson et stockage.

Avant de mesurer le pH, on a mélangé 1 g d'échantillon avec 10ml d'eau distillé qu'on a homogénéisé pendant 15 secondes à l'aide d'un homogénéisateur polytron (Lorenzo et al, ;(2008).

### 6- Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été effectués à l'aide d'un logiciel xistat (version 2009.01, addnsoft).

L'analyse de la variance et du test de Kideux ont été effectué pour étudier la différence du nombre de microbe si elle est significative en comparant au kideux théorique à 0.05, ceci pour tous les échantillons pris pendant les étapes de préparation de khliiaa Ezir.

La valeur moyenne et l'écart type représentent les résultats de l'analyse statistique.

**Article 2 :** Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'El-Kaddid provenant de la viande de différentes espèces animales.

### **1-Introduction**

Dans l'Algérie El-Kaddid fait partie du patrimoine gastronomique et culturel qui valorisent l'identité du pays. El-Kaddid est un produit carné salé et séché préparé le plus souvent après la fête d'Aïd El Adha. Les familles disposent d'une grande quantité de viande qui ne peut être consommé en quelques jours, elles transforment donc cette viande en produit de salaison. El-Kaddid peut être conservé à température ambiante pendant une longue période sans se détériorer.

L'étude de l'évolution des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'El-Kaddid durant toute la période de conservation allant jusqu'à 1 an est l'objectif de ce travail.

### **2- Fabrication et échantillonnage**

Dans 4 régions différentes d'Algérie, El-Kaddid a été préparé à partir de 4 différents types de viandes selon le processus de fabrication traditionnel.

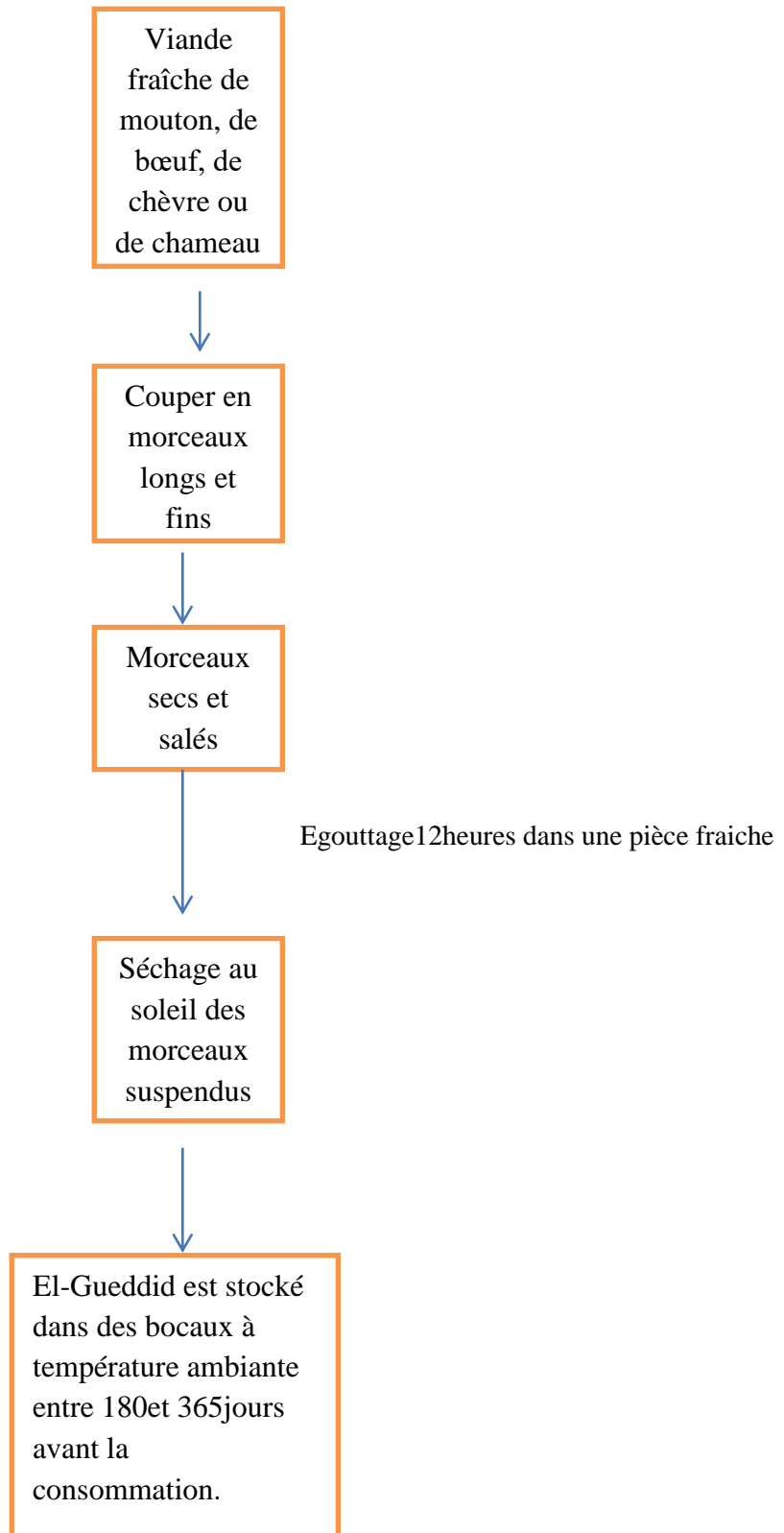


Figure 07 : Schéma traditionnel de la préparation d'El-Gueddid

A température ambiante et dans des endroits secs, El-Kaddid a été stocké dans des bocaux, ou l'échantillonnage a été fait à différents moments du processus de conservation c'est-à-dire entre le temps T0 et T= 365 jours.

Au totale 60 échantillons ont été analysés.

### **3-Analyses physico-chimiques**

#### **3-1-Détermination du pH**

10g d'échantillon ont été mélangé à 90 ml d'eau distillé, selon la méthode de Lorenzo pour déterminer le pH à l'aide d'un pH mètre.

#### **3-2-Détermination de la teneur en chlorure en sodium**

La teneur en chlorure en sodium a été calculée en mesurant la concentration par chromatographie ionique comme décrit par Mirade et al. (2020), après mélange et homogénéisation de 0,5g d'échantillon avec 10ml d'eau ultra- pure.

#### **3-3-Détermination de l'humidité**

La détermination d'humidité (%) a été faite par séchage de 5g d'échantillon à 105°C jusqu'à ce que le poids soit constant pendant 24h puis refroidissant pendant une heure dans un dessiccateur. (Petit et al. 2014)

#### **3-4-Détermination de l'activité d'eau**

L'activité de l'eau ( $a_w$ ) des échantillons a été mesurée avec un AW-Sprint TH-500 (Novasina, Precisa, France). Cet instrument est calibré avec des normes certifiées avec les valeurs d' $a_w$  suivantes : 0,11 ; 0,33 ; 0,53 ; 0,75 ; 0,90 et 0,98. Deux à 5 g d'échantillon sous forme depoudre ont été pesés et placés dans la cellule de mesure. L'état d'équilibre a été vérifié à l'aide du logiciel Ovasina Novalog, et la valeur  $a_w$  enregistrée correspond au prolongement de l'asymptote de la courbe sur l'axe des ordonnées. La teneur en matières grasses a été déterminée selon la norme Soxhlet.

### **3-5-Détermination de la teneur en matière grasse**

La teneur en matière grasse a été déterminé selon la méthode standard de Soxhlet adapté aux viandes par Komprda et al. (2012) en utilisant l'hexane comme solvant par percolation à 104°C /24h suivie d'une évaporation et d'une dessiccation.

### **3-6-Détermination de l'oxydation des lipides**

L'oxydation des lipides des échantillons a été évaluée en mesurant les substances réactives de l'acide 2-thiobarbiturique (TBARS) selon la méthode de Mercier et al (1998). Il a été mesuré sur 1 g d'échantillon en poudre préparé à partir de 20 g d'échantillon homogénéisé dans l'azote liquide en poudre. Les résultats ont été exprimés en mg de malondialdéhyde (MDA) par Kg de viande.

### **3-7-Détermination des protéines**

La teneur en carbonyle des protéines est utilisée comme mesure de l'oxydation des protéines et a été détectée par réactivité avec la 2, 4 dinitrophénylhydrazine (DNPH) comme décrit par Oliver et al (1987) avec de légères modifications (Mercier et al., 1998). Les résultats ont été exprimés en nmoles de DNPH fixée par mg de protéine.

## **4- Analyse microbiologique**

Des dilutions décimales en double ont été réalisé pour tous les échantillons.

Un volume de 0,1ml de la dilution a été versé ou étalé à la surface du milieu de culture sélective correspondant aux germes recherchés suivants :

- Flore aérobie totale : Gélose Plate count agar (PCA) avec incubation à 30°C pendant 72h.
- Coliformes totaux et fécaux : Gélose au rouge violette lactosé (VRBL) avec incubation à 30°C ou 44°C pendant 24h.
- Entérobactéries : Gélose VRBL, incubation à 37°C pendant 24h.
- Bactéries lactiques : Gélose Sharp MansRogosa (MRS) supplémenté avec l'acide nalidixique (40ml /L) avec incubation 2à3 jours à 30°C sous atmosphère modifiée.

-Staphylocoque à coagulase négative (CNS) : Gélose Chapman au mannitol et sel incubation à 30°C pendant 24h à 48h.

-Levures et les moisissures : Milieu Yeast Extract gélosé au chloromphénicol avec incubation à 25°C pendant 3 à 5 jours.

-*Staphylococcus aureus* : Milieu Baird-Parker supplémenté avec une émulsion de jaune d'œuf au tellurite de potassium, incubation à 37°C pendant 24h à 48h.

-*Listeria monocytogène* : Enrichissement de 25g d'échantillon dans un bouillon demi-Fraser pendant 24h à 30°C puis dans un bouillon Fraser pendant 48h à 37°C, ensuite un étalement sur des plaques sélectives de gélose Palcam et incubation à 37°C pendant 24h à 48h.

-*Salmonella* : Enrichissement sur bouillon au sélénite puis étalement sur gélose Hecktoen et incubation à 37°C pendant 24h.

-Bactéries sulfito-réductrices (SRA) : D'abord un traitement thermique à 80°C pendant 10min pour tuer la forme végétative puis ajout de 20ml d'une gélose Meatliver à 45°C et incubation à 37°C pendant 48h.

### **5-Identification moléculaire des LAB et CNS**

3 à 5 colonies ont été prélevées du milieu MRS et MSA puis étalées à la surface de MRS après un enrichissement sur bouillon BHI et incubation à 30°C pendant 24h à 48h.

A partir du milieu MRS une colonie a été transférée dans le bouillon MRS et BHI. Après incubation, l'ADN total des bactéries a été isolé à partir de 1ml de culture en utilisant le kit de purification d'ADN génomique Wizard. Le criblage et l'identification des bactéries a été réalisé selon 2 stratégies :

-Un test de polymorphisme à amplification aléatoire pour l'ADN des isolats du milieu MRS qui a été soumis à une analyse d'empreinte.

-Identification supplémentaire par PCR spécifique pour l'espèce ciblée sur les gènes de l'ARNr16.

-Amplification de la région ARNr16 par les amorces universelles 27F et 967R.



-Séquençage par EurofinsGénomique des produits PCR purifiées à l'aide du kit de purification QLAquickPCR.

-Identification avec utilisation du programme BLAST et la base des donnée 16s EzBioCloud.

L'ADN des isolats provenant du milieu MSA a été soumis à une PCR multiplex permettant d'identifier le genre *Staphylococcus* et des espèces *S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *S.xylosus* et *S.aureus*.

Les ADN du genre *Staphylococcus*.non identifié par PCR multiplex, ont été soumis à une identification par PCR spécifique à l'espèce ciblée sur les gènes de l'ARNr16s.

### **6-Analyse statistique**

L'analyse des données et la vérification et la distribution normale de l'homogénéité des variances a été faite par l'ANOVA à sens unique, et la présentation des résultats sous forme de moyennes SE (erreur standard).

La comparaison par paire a été faite par la réalisation du test de Student entre chaque temps et les types de viande.

L'évolution et la corrélation des variables physico-chimiques selon le type de viande et le temps ont été faites par l'analyse discriminante linéaire (LDA) avec l'analyse en composante principale.

**Article 3 :** Fabrication expérimentale d'un produit de viande El-Kaddid : contrôle des micro-organismes.

### **1-Introduction**

La conservation des viandes par salage et séchage est une pratique qui remonte à plusieurs siècles. La procédure de fabrication du El Kaddid démontre la bonne conservation de la viande.

Le but de ce travail est de réaliser des essais de traitement de El Kaddid pour étudier les changements microbiologiques et physico-chimiques pendant les procédures de fabrication.

### **2- Préparation de la viande au laboratoire**

Les viandes fraîches ont été achetées de l'abattoir à Rabat. La préparation des lots de 6Kg a été faite au laboratoire. Les viandes ont été laissées pendant 24h à température ambiante (20°C), puis ils ont été découpés en long morceaux pour faciliter la pénétration du sel. Le salage et l'assaisonnement des viandes ont été fait dans un récipient de 10 l pour l'absorption du sel pendant 12h, puis ont été suspendu à une ficelle au soleil. Tout le travail a été fait dans un délai de 15jours.

### **3-Détermination chimique**

#### **3-1-Teneur en humidité**

Pour déterminer la teneur en humidité, une quantité de produit a été pesé puis séché au four à 105°C et pesée de nouveau : Humidité = 100- poids total

#### **3-2 -Teneur en matière grasse**

La teneur en matière grasse du produit a été mesuré pour la matière sèche par la méthode de Soxhelt en utilisant l'hexane comme solvant.

#### **3-3 -L'indice d'acidité (IDA)**

L'indice d'acidité (IDA) a été déterminé par l'utilisation de la méthode de Deeth et al (1975)

#### **3-4-L'Azote non protéique (ANP)**

La méthode de Kjeldhal décrite par l'APHA, (1989) a été appliquée pour la détermination de l'azote non protéique (ANP). L'échantillon a été précipité par une solution d'acide trichloracétique à 10% et filtré sur du papier Whatman. Le filtrat a été récupéré et utilisé pour la détermination du NPN.

#### 4-Détermination microbiologique

Des dilutions décimales (1/10) jusqu'à  $10^{-6}$  par mélange de 10g de chaque échantillon dans 90ml d'eau peptoné stérile ont été préparés,

-Comptage de la flore aérobie totale : Des dilutions appropriées de  $10^{-2}$  jusqu'à  $10^{-6}$  ont été ensemencées sur la gélose standard PCA avec l'incubation à  $30^{\circ}\text{C}$  pendant 48h.

-Comptage des coliformes totaux: détermination du NPP par l'utilisation de trois tubes de bouillon lactosé bilié au vert brillant avec cloche de Durham et incubation à  $44^{\circ}\text{C}$  pendant 24h.

-Coliformes fécaux : On applique le test de Mac Kenze : Ensemencement de l'eau peptoné et un bouillon BLBVB à partir des tubes qui ont montré un dégagement de gaz. Puis incubation à  $44^{\circ}\text{C}$  pendant 24. Pour savoir si le milieu est positif, 0,5ml de réactif de Kovac a été rajouté dans l'eau peptonée L'apparition d'un anneau violet et la montée de la cloche dans BLBVB confirme la présence des coliformes fécaux,

- Recherche des *Staphylocoques* : Ensemencement des dilutions allant jusqu'à  $10^{-6}$  sur milieu Baird-Parker additionnée d'une émulsion de jaune d'œuf et téllurite de potassium

Comptage et vérification des colonies avec ou sans clarification entourée d'un halo noir suivi de la coloration de Gram et test de catalase. Puis les isolats sont contrôlés pour les réactions à la coagulase en utilisant le plasma de lapin.

-Recherche des *Entérocoques* : Sur une gélose KF-*streptococci* additionnée de TTC puis incubation à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24h. Les colonies rouges sont comptées et subissent les réactions de Gram et de catalase.

-Recherche de *Salmonella* : Après avoir ajouté 25g de chaque échantillon à 125ml d'eau peptoné stérile et incubation pendant 18h à  $37^{\circ}\text{C}$ , trois tubes de bouillon au tétrathionate et trois tubes de bouillon au sélénite –cystéine ont été ensemencés avec 1ml de cultures. Puis étalement à partir des tubes positifs sur la gélose Hektoen avec l'utilisation de la méthode décrite par Poelma et Silliker, (1984) et pour l'identification.

-Recherche des bactéries sporulées: Après avoir tué la forme végétative par la chaleur à 80°C pendant 10min puis refroidissement dans l'eau glacée immédiatement.

-Recherche des aérobies-anaérobiques sulfite-réducteurs: Après avoir éliminé par la chaleur la forme végétative puis incubation (30°C / 24h). 0,1ml d'une solution de citrate ferrique d'ammonium à 5% a été ajouté à 2,1 et 0,5ml de la dilution initiale

- Recherche des micro-organismes protéolytique et lipolytiques : selon les méthodes décrites par Lee, (1984) et Alford. (1976) respectivement.

# *Résultats et Discussions*

### **Article 1 : Changement microbiologique pendant les étapes de préparation**

**KhliaaEzир : Un produit de charcuterie traditionnel d'Algérie.**

KhliaaEzир est un produit carné traditionnel de l'Est Algérien. Il est préparé à partir de la viande bovine, l'objectif de cette étude est de focaliser les caractérisations microbiologiques de khliaaEzир.

### **I-Préparation de khliaaEzир :**

#### **I-1-Découpage et nettoyage**

KhliaaEzир est préparé à partir de la viande bovine, généralement les muscles de la cuisse. La quantité de viande utilisée est de 1kg. La viande est débarrassée des graisses et découpée en gros morceaux de 5 à 8 cm de longueur et de 4 à 6 cm d'épaisseur, ensuite elle est nettoyée à l'eau pour éliminer les poussières et le sang en surface.

#### **I-2-Enrobage et marinade**

L'enrobage se fait à sec. Les morceaux de viande sont enrobés dans un ensemble d'épices composé de : sel, carvi, coriandre et ail fraîchement moulu, puis, laissés mariner pendant 7 jours à une température ambiante. Ils sont malaxés manuellement chaque deux jours pour assurer une bonne homogénéisation de la viande, du sel et des épices.

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

La coriandre (*Coriandrum sativum*) est une plante herbacée annuelle de la famille des Apiacées (Ombellifères). C'est une plante aromatique employée dans de nombreuses préparations culinaires.

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

L'ail confère le goût au Khliaa Ezir. Cette épice est ajoutée sous forme crue finement hachée provenant du commerce.

La graisse utilisée dans la préparation de Khliaa Ezir est celle du bœuf. Les parties

Choisies sont celles qui entourent les reins.

### **I-3-Conservation :**

Après cuisson dans de l'eau pendant 1h 30 mn à une température entre 75°C et 80°C, les morceaux de viande sont immergés dans un mélange d'huile d'olive (âgée de six mois, de couleur verdâtre) et de graisse ovine, puis conservées dans une jarre en terre cuite appelée Ezir, de capacité 3 litres avec couvercle, à l'abri de la lumière à température ambiante.

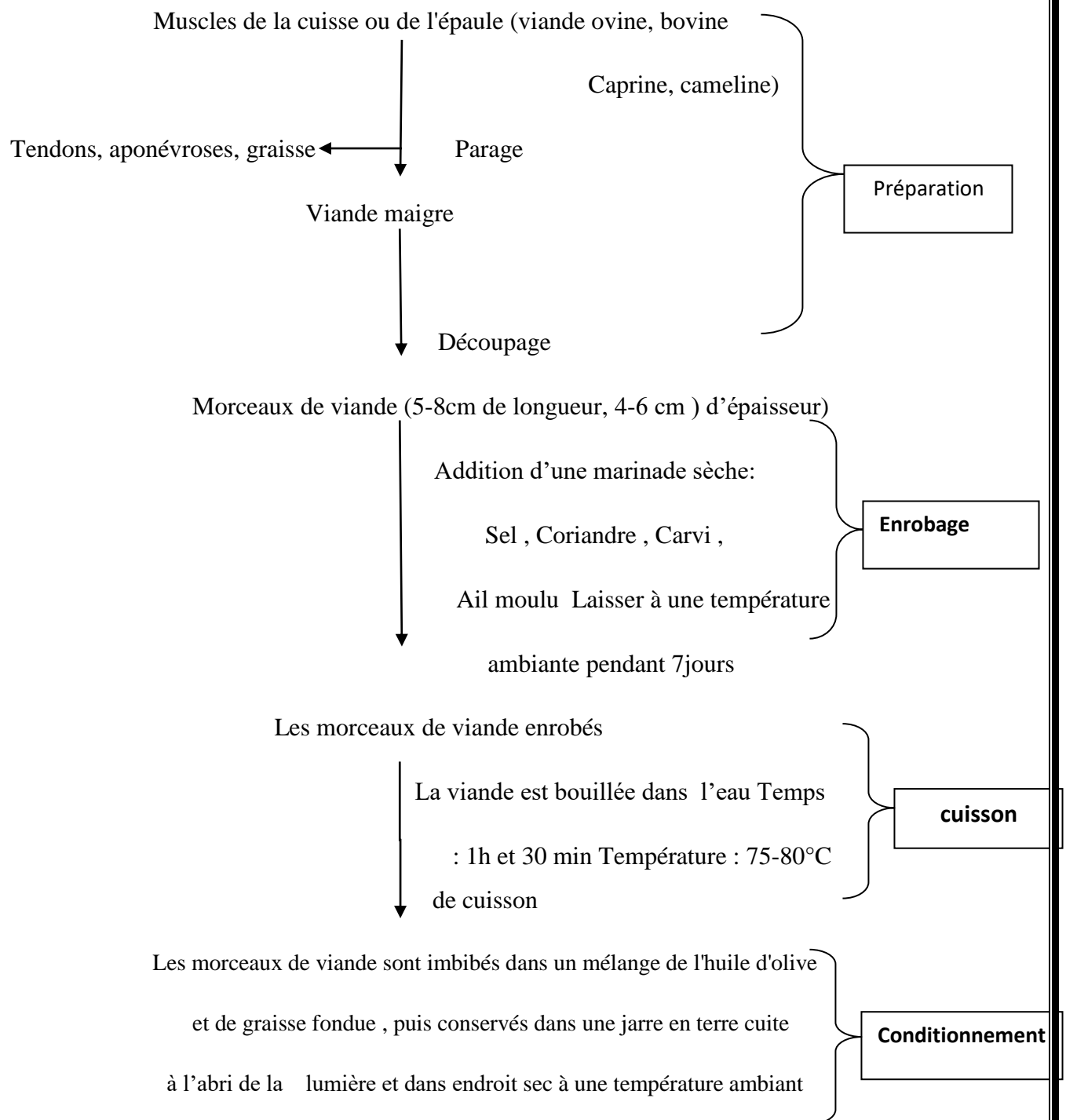


Figure 08: Diagramme de préparation de KhliaaEzir.



## 2-Développement microbiens en relation avec la variation du pH

Les figures suivantes montrent la croissance bactérienne au niveau de la viande pendant les différentes étapes de préparation de maturation ou de conservation en fonction de l'évolution du pH

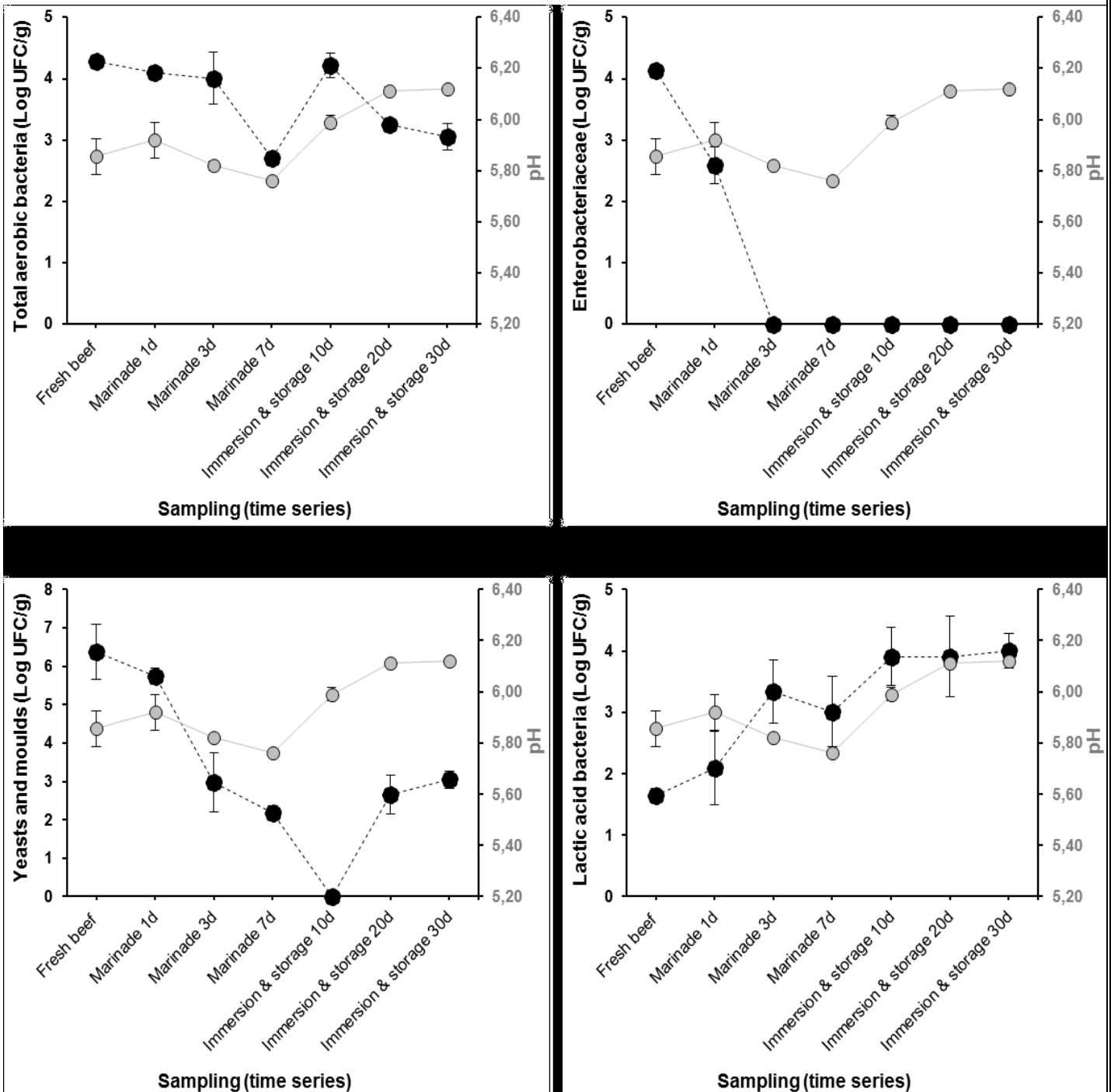


Figure 09 : Évolution des groupes bactériens (Log UFC/g) et relation avec le pH pendant les principales étapes de préparation de KhliaEzir pour A) les bactéries aérobies totales B) les entérobactéries C) les levures et les moisissures et D) les bactéries lactiques.

D'après les graphes, la charge bactérienne aérobie de la viande fraîche du bœuf était faible ( $<5 \log \text{ cfu g}^{-1}$ ), cette faible concentration est un indicateur d'une bonne qualité hygiénique de la viande.

Plusieurs auteurs confirment que la contamination initiale de la viande se fait au cours de l'abatage (AksuMI et Kaya 2005). Cependant le développement des agents pathogènes qui conduit à l'altération microbiologique de la viande est liés aux conditions de transport, de traitement, et les pratiques de manipulation de la viande fraîche (Petit et al ;2014). Lors de l'étape de marinade (1-7 jours), la charge des bactéries aérobies diminue par l'action du chlorure de sodium (9% le sel). C'est une réaction bactériostatique des bactéries Papamanoli, et al (2002). En effet la concentration de chlorure de sodium à 5%(p\|v) peut inhiber la croissance des microorganisme Gram négativeresponsible de l'altération de la viande comme : Pseudomonas. Le nombre des bactériesaérobies continueàdiminuer pendant l'étape de maturation ou il a atteint le plus faible têt après 30 jours de maturation.

L'étape finale est la conservation dans un pot en terre cuite dans des conditionsanaérobiques causés par des graisses fondues. Ce processus est décrit par (Cetin et al ;2005) pendant la conservation de Kavurma, un produit carné préparé à partir d'une viande turque. La jarre en terre cuite et le manque d'O<sub>2</sub> permet de retarder des réactions de détérioration oxydative et réduire la croissance des bactériesaérobies. Les entérobactéries disparaissent après 3 jours de salaison.

Le salage a un rôle très important dans la préparation de khliiaaEzir (Dadaliogluet al, (2006). L'ail est un autre bactéricide utilisé contre les levures et les moisissures, *E. Coli*, et *Staphylococcus aureus* pendant les étapes de préparation de khliiaaEzir (González, Diez (2002). La qualité hygiénique est déterminée par un indicateur important qui sont les coliformes fécaux comme la rapporté Castan, (2002)

Le pouvoir protéolytique des microorganismes affecte la texture, en effet la protéolyse c'est la transformation des protéines en acides aminés et peptides. La production d'ammoniac de sulfure, d'acide organique affecte la saveur (Fernandez et al (1991), (Martínez et al (2006). Cette transformation se fait durant la cuisson, cependant la détérioration par les microorganismes pathogènes dépend de la combinaison temps et température de cuisson (Rodríguez, et al (1998). C'est une étape importante pour assurer la qualité hygiénique de khliiaaEzir, et prolonger la période de conservation du produit. La numérotation des

levures est assez élevé par rapport aux moisissures, le rapport moisissures/levures était inférieure à 10/100 pendant toutes les étapes, alors que leur nombre est plus élevé dans la viande de bœuf fraîche par rapport aux autres microorganismes ( $p < 0.05$ )

Les levures sont l'agent principal de l'altération de la viande (Limsowtinet al (2004)] par contre leur nombre est faible dans l'étape de marinade et disparaît après 10 jours de stockage. Cette diminution est causée par l'abaissement de l'activité de l'eau, l'effet du pH après 30 jours de stockage et la prédominance des bactéries lactiques qui jouent un rôle antagoniste sur les microorganismes contaminants. Les levures et les moisissures apparaissent de nouveau et peuvent atteindre  $2 \log \text{ ufc g}^{-1}$ .

Les bactéries lactiques jouent un rôle important pour les caractères organoleptiques du produit fini. La croissance des bactéries lactiques est en relation avec le pH Liza et al (1999) et Ferreira et al. (2007). L'acidité favorise la croissance rapide et élevée des bactéries lactiques (Mati, Amarouch (2008)). Cependant la concentration bactérienne qui est de  $\log \text{ ufc g}^{-1}$  dans la viande de bœuf durant la période de maturation peut atteindre  $1.5 \log \text{ ufc}$ , et après 30 jours elle atteint une valeur maximale de  $4 \log \text{ g}^{-1}$ . L'augmentation du nombre de bactéries lactiques permet la fermentation de certains produits carnés mûrs. Comme la rapporter Bover-Cid et al (2001). Les peptides, les acides aminés et l'ammoniac sont libérés pendant la période de maturation, ils entraînent une augmentation du pH causé par les réactions de protéolyses qui limite la durée de fermentation. La conservation du khliaa Ezir ne peut pas être limitée par les microorganismes, mais par les caractéristiques physicochimiques comme l'activité de l'eau et la température (Leistner et Roedel (1975)).

*Clostridia*, *Salmonella* et les sulfite-réducteurs sont totalement absents dans tous les échantillons durant les étapes de préparation de khliaa Ezir, ainsi que les bactéries pathogènes dont le nombre est limité par l'action du sel, des épices, et la température de cuisson. Une étude réalisée par Rodriguez, et al, (2010) sur des produits traditionnels cuits des pays de l'est et sud-est de l'Europe, a confirmé qu'ils sont de qualité supérieure.

Dans le sud-est de l'Europe, des études ont montré que le sel et les nitrites sont suffisants pour inhiber la croissance des endospores, notamment de *Clostridium botulinum* (Mayrhofer, et al ;(2004) et que *salmonella* est absente dans la viande cuite à une température de  $71^\circ\text{C}$ .

Les résultats statistiques et la recherche de la variance pour des groupes de bactéries ont montré qu'il y a une diversité de bactéries pendant toutes les étapes de préparations et les valeurs de pH ne présentent aucune différence significative.

**Article 2 :** Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'El-Kaddid provenant de la viande de différentes espèces animales.

### 1-Caractéristiques physicochimique :

Les résultats des analyses physico-chimiques de El-Kaddid pendant la période de maturation sont représentés dans les tableaux 1 et 5 :

On observe une diminution significative du pH pour toutes les espèces de viande, et pendant toutes les étapes de préparations de T0 à T 365 (tableau 5) :

**Tableau 5:** Evolution du pH des échantillons de El-Kaddid provenant de la viande des différentes espèces animales:

<b>PH</b>					
<b>Viande</b>	<b>T0</b>	<b>T30</b>	<b>T90</b>	<b>T180</b>	<b>T365</b>
Mouton	6.4 ± 0.1a	6.3 ± 0.1a	6.1 ± 0.03a	5.7 ± 0.03b	5.2 ± 0.1c
Bœuf	6.4 ± 0.03a	6.2 ± 0.03a,b	6.2 ± 0.03a,b	5.9 ± 0.1b,c	5.5 ± 0.1c
Chèvre	6.3 ± 0.03a	6.2 ± 0.03a,b	6.0 ± 0.03b	5.8 ± 0.03c	5.4 ± 0.0d
Chameau	6.3 ± 0.03a	6.2 ± 0.03a,b	6.0 ± 0.03b,c	5.8 ± 0.03c	5.5 ± 0.03d

Les échantillons de la viande de mouton représentent une amplitude de pH plus élevée que les échantillons de la viande des chameaux.

Les mêmes résultats de pH sont notés dans la période de maturation pour les viandes de toutes les espèces animales.

**Tableau 6** : Évolution de l'humidité et de l'activité de l'eau pendant la maturation des échantillons d'El-Kaddid provenant de viandes de différentes espèces animales.

Viande	T0	T30	T90	T180	T 365
Humidité (%)					
Mouton	27±1.0a	16.2± 1.0b	15.4±0.8b	12.3±0.4b	11.8±0.3b
Bœuf	27.9±0.7a	18.8± 0.8b	16.7±0.5 b,c	14.1 ±0.7b,c	12.3±0.4c
Chèvre	27.6± 0.7a	20.8±1.3 a,b	16.2±1.1b,c	13.6 ±1.0b,c	11.3±0.4c
Chameau	29.8±0.6a	25..6± 1.5a,b	18.8± 1.2 b,c	14.8±0.7c	14.1±0.5c
Activité d'eau					
Mouton	0.985±0.001a	0.675±0.013b,a,d	0.671±0.003b, A ,B	0.660±0.045 b	0.669±0.002b
Bœuf	0.985±0.001a	0.670±0.008b,a,d	0.661±0.007b , A,c	0.681±0.017 b	0.655±0.010b
Chèvre	0.987±0.001a	0.718±0.011b,A	0.705±0.006b, B	0.687±0.020b	0.687±0.007 b
Chameau	0.985±0.002a	0.625±0.029 b,D	0.630±0.014 b,c	0.623±0.016 b	0.675±0.017 b

Ladiminution de la teneur en eau est variable entre 15,6 % et 16% durant la période de maturation pour tout les échantillons.

Après 30 jours de conservation de viande des moutons et des bœufs, il ya une perte de l'eau qui varie entre 9 ,1 % et 11 ,7 %. La teneur en eau de la viande de chèvre et des moutons est remarquable après les 30 premiers jours de maturation. L'activité hydrique faibles est noté, elle varie entre 0 ,625et 0,718. Cependant les échantillons de la viande des chameaux et des chèvres montrent une diminution de la teneur en eau après une longue durée soit 90 jours

**Tableau 7** : Niveau d'oxydation des échantillons d'El-Kaddid provenant de viande de différentes espèces animales :

Viande	T0	T30	T90	T180	T365
Mouton	1.1±0.3	2. ±61.0	3.71±.3	3.0±0.6	2.4±0.8
Bœuf	1.4±0.2 a.c	2.5±0.7a,c	8.61 ±1.8b	3.1±0.4c	2.2±0.2c
Chèvre	2.7±0.8	8.5±1.9	7.3±1.3	4.3±1.4	5.2±1.3
Chameau	1.3+-0.1	6.2+-2.9	3.0 ±00.1	2.2±0.6	3.5±0.7
Carconyls (nmol/mg protein)					
Mouton	6.1±0.8a	ND	ND	ND	9.9±0.6b
Bœuf	5.7±0.5a	ND	ND	ND	8.5±0.4b
Chèvre	4.0±0.7	ND	ND	ND	7.3±1.2
Chameau	5.7±0.9	ND	ND	ND	8.2±0.5

La teneur en matière grasse est élevée pour les viandes de mouton et de bœuf pendant l'étape de maturation, alors que pour les viandes des chèvres et des chameaux elle est faible, Pour tous les types de viande brutes (T0), les pourcentages des matières grasses étaient faibles, ils peuvent varier entre 3,2 et 4,5, mais la teneur en matières sèche mesurée est plus élevée, allant de 3,2 à 4 ,8g par 100 g.

Après 90 jours, la viande des moutons représente la teneur en matières grasse la plus élevée à la fin de la période de maturation.

Concernant l'oxydation lipidique et protéiques, les carbonyles sont les produits de l'oxydation des protéines, alors que les valeurs des thiobarbuturiques (TBARS) sont rapporté à l'oxydation des lipides.

Durant la période de maturation les résultats dans le tableau montrent une augmentation significative de l'oxydation des lipides et des protéines surtout pour les échantillons des viandes de bœuf, alors que pour les viandes de mouton une oxydation seulement des protéines est notée.

**Tableau 8:** Concentration en chlorure de sodium d'échantillons de viande provenant de différentes espèces d'animaux.

Nacl		
Viande	T30	T180
Mouton	6.8±1.8A,B	8.8±2.9A,B
Bœuf	7.9 ±1.6 A,B	13.1±2.1A,B
Chèvre	15.9± 3.5 A	19.3±1.4B
Chameau	5.2±0.4 B	10.3±2.8 A,B

Les écart types élevés du tableau 8 représentent la concentration de chlorure de sodium (NaCl) entre T0 et T180 pour chaque espèce et pour les différentes espèces animales, ce qui montre une différence statistique claire entre tous les types de viande, et entre deux temps de maturation. Ces résultats sont obtenus après la fabrication du lot par trois petits producteurs différents.

### 2-Analyses descriptive linéaire :

Les trois analyses descriptive linéaire (ADL) ont été étudiées pour montrer l'effet des caractéristiques physicochimiques pour les différents types de viande El-Kaddid. Les résultats font ressortir une variation de l'oxydation des lipides et la teneur en eau avec les différents types de viande (mouton, bœuf, chèvre, chameau) en fonction du temps (T0, T30, T90, T180, T365).

L'écart type totale est enregistré à 98,7 % pour les deux premiers composants. Le premier composant sépare la viande caprine, qui présente un taux d'oxydation des lipides plus élevés avec un taux de pH plus faible, cependant. Le deuxième sépare la viande cameline ayant une teneur plus élevée en lipides, la viande bovine plus faible et finalement la viande ovine a une teneur intermédiaire.

A T30 Un écart type totale de 97,4% est noté pour les deux premiers composants. La viande caprine était la première viande séparée de trois composants en raison de l'activité hydrique (AW), la plus élevée. La viande cameline est la deuxième viande séparée qui est caractérisé

par la teneur la plus élevée en lipides, la viande ovine présente la plus faible teneur, et la viande bovine a une teneur intermédiaire.

A T0 de maturation, les analyses descriptives linéaires montrent que les quatre viandes sont discriminées, les deux premiers composants 74,2% de variance. Les viandes des moutons, bœuf, et chèvre présentent un taux plus élevé en eau, le premier axe distingue la viande de caprine, le deuxième axe sépare les viandes selon leur teneur en lipides, la viande ovine contient une teneur plus élevée en lipides, cependant la viande cameline représente une teneur plus faible en lipides, et la viande bovine contient une teneur intermédiaire.

A T365 qui est la fin de la conservation, dans l'axe1 les viandes sont séparés selon leur teneur en lipides. La viande ovine présente un taux plus élevé en comparaison avec les autres viandes. La viande caprine contient un taux plus faible, ils sont aussi séparés par l'humidité, la viande cameline était la plus humide, la viande bovine et caprine présente un taux plus élevé de l'oxydation des lipides.



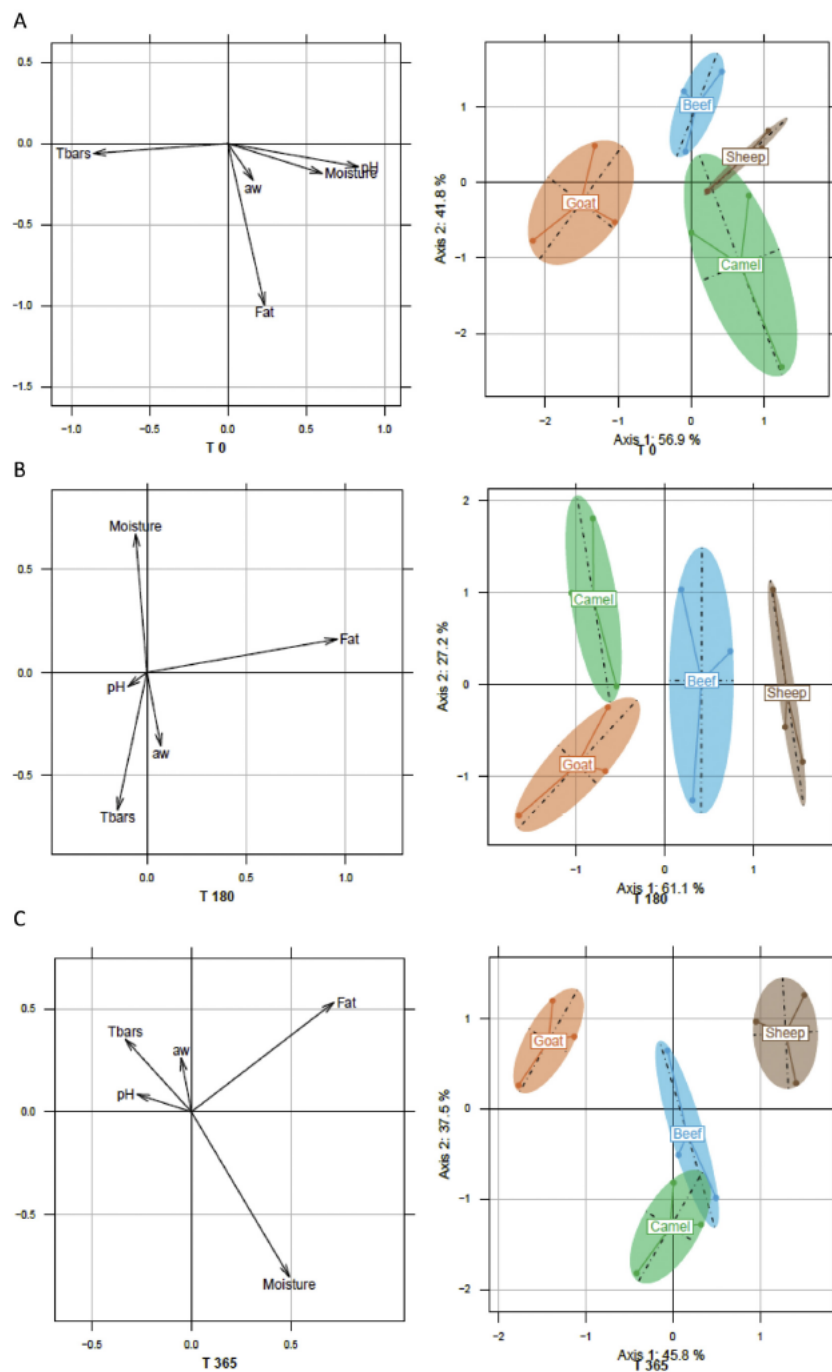


Fig. 2. Linear discriminant analysis showing the evolution and the correlation of physicochemical variables by meat type (sheep, beef, goat and camel) and time (A: T0, fresh meat, B: T180 days, C: T365 days).

Figure 10 : Analyse linéaire montrant l'évolution et la corrélation des paramètres physicochimiques variables par type de viande (mouton, bœuf, chèvre, chameau) et par temps (A: T0, B: T180, C : T365) jours.

### 3-Dénombrement des microorganismes

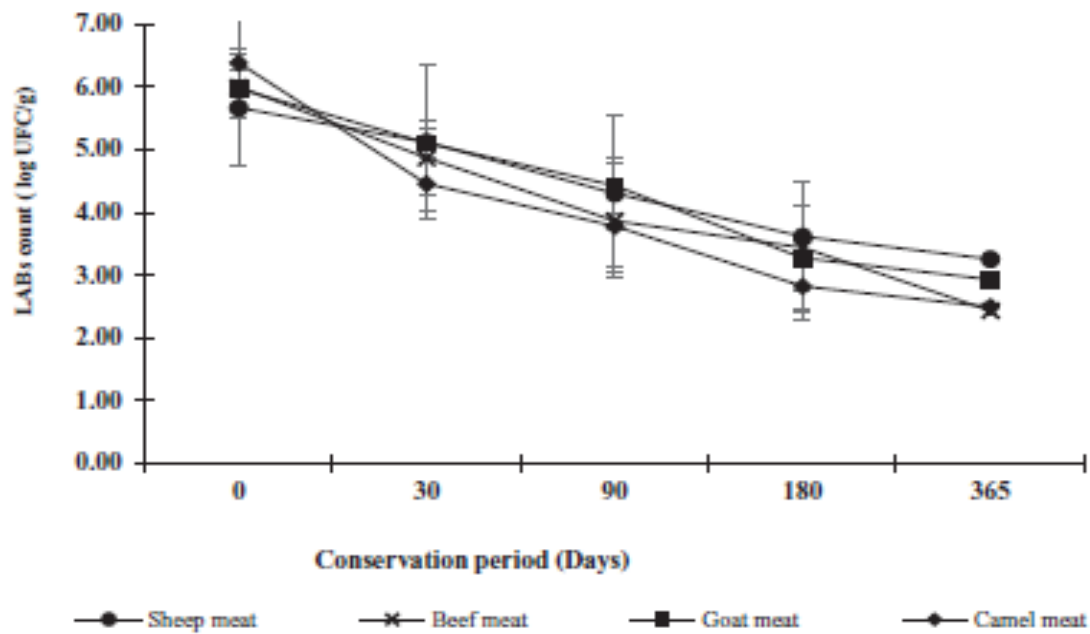
La flore microbienne observée pendant la période de maturation sur 60 échantillons entre T0 pour la viande fraîche tranchée et un an de conservation soit T365 jours est principalement les *entérobactéries* : c'est un indicateur de contamination fécale ou environnementale. Les *entérobactéries* sont observées après 30 jours et à la fin de la conservation pour tous types de viande avec une moyenne de  $2,0 \pm 1,0$  log ufc /g.

La teneur en coliformes est inférieure au seuil de détection pour tous les échantillons ( $<1$  log ufc /g). Les *Salmonelles*, *Listéria* et SRA ne sont pas détectés.

Les *staphylococcus aureus* sont détectés dans quelques échantillons comme la viande fraîche de bœuf, et la viande ovine ( $2,6 \pm 0,3$  log ufc /g). Les *staphylococcus aureus* constituent un risque pour la santé des consommateurs. Il persiste au mois de maturation est le taux devient inférieur au seuil de détection ( $<10$  ufc/g).

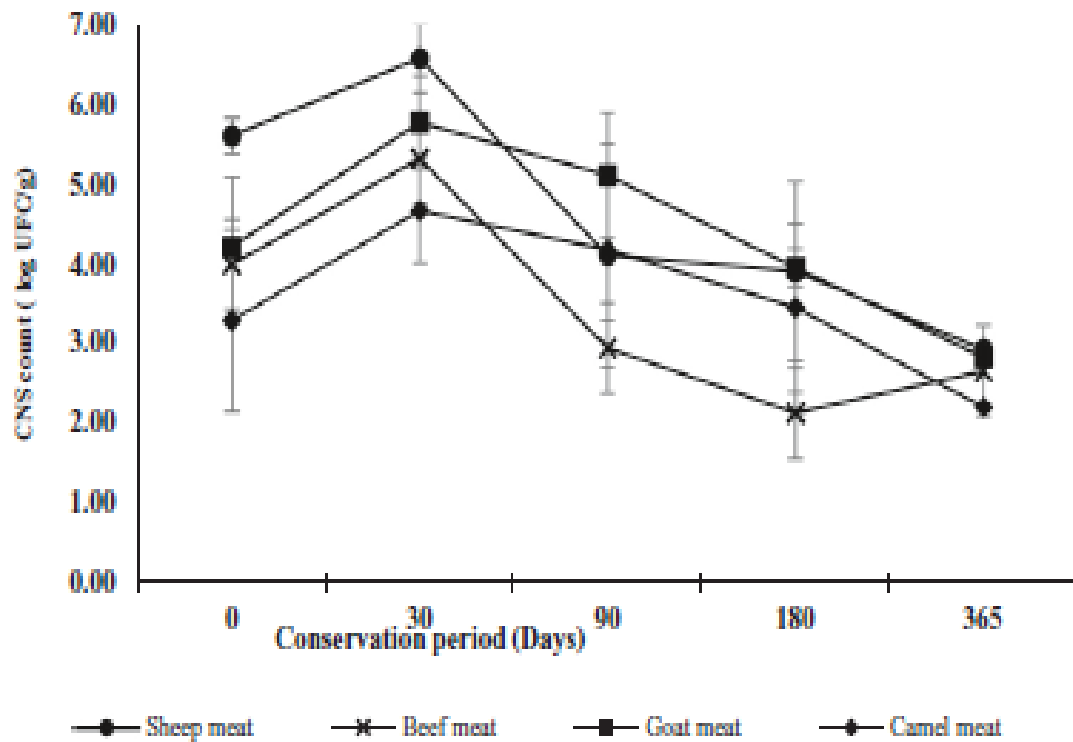
Dans les échantillons de viandes fraîches, le taux des levures et moisissures est d'une moyenne de  $3,0 \pm 0,7$  log ufc /g. Cette moyenne reste constante à T0 pour les échantillons de viande de mouton et la viande de bœuf ( $2,7 \pm 0,7$  log ufc /g), puis diminue au seuil de détection ( $<10$  log ufc/g).

Les levures et les moisissures contaminent les échantillons de viande de chèvres et de chameau à un niveau inférieur au seuil de détection soit T 30.



**Fig. 3.** Evolution of lactic acid bacterial (LAB) population in the meat samples of different animal species during the ripening process of El-Guedid.

Figure 11 : Évolution de la population de bactéries lactiques (LAB) dans les échantillons de viande de différentes espèces animales au cours du processus de maturation d'El-Guedid.



**Fig. 4.** Evolution of coagulase negative staphylococci (CNS) population in the meat samples of different animal species during the ripening process of El-Guedid.

Figure 12 : Évolution de la population de Staphylocoques à coagulase négative (SNC) dans les échantillons de viande de différentes espèces animales pendant le processus de maturation d'El-Kaddid.

Le taux de bactéries lactiques est important pour tous les échantillons à T0 d'où une moyenne de  $6,0 \pm 0,8$  log ufc /g) puis ce taux diminue au cours de la période de maturation ( $2,4 \pm 0,7$  log ufc /g).

#### 4-Identification moléculaire des microorganismes

Les 132 isolats de bactéries lactiques obtenues après analyse totale pris du milieu MRS ont été soumis à la RAPD-PCR M13. Les résultats obtenus sont de 110 profils différents. Un isolat est représentatif de chaque profil et 2 à 3 pour les profils dominants. Après le séquençage du gène 16S rDNA, les bactéries lactiques sont identifiées en 7 genres : *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Weissella*, *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*. Cependant

deux espèces de viande fraîches sont dominantes parmi toutes les espèces animales : soit *L. sakei* et *L. mensenteroides* à T 365.

Les entérocoques isolés des échantillons de viande ovine et caprine entre T 90- T365 ont été identifiés aux genres *Weissella* avec 6 espèces.

MSA ont été soumis à la PCR multiplex spécifiques de *staphylocoques*, 16 isolats du SRM identifiés appartiennent aux *Staphylocoques*. Toutes les identifications des isolats montre qu'il y a une dominance de *staphylococcus* en particulierité 84% sont des *Staphylocoques saprophyticus* qui sont identifiés dans tous les types de viande fraîche. A T 365 les *Staphylococcus epidermis* ont été présents seulement dans les échantillons des viandes fraîches.

### **Discussion :**

El-Kaddid est classé en trois catégories : si l'activité de l'eau varie entre 0,66 et 0,68 avec une teneur en sel de 8,8 à 19,3 % c'est un produit sec, si la teneur en sel est entre 2,4 à 4,0% et l'activité hydrique est de 0,83 et 0,90 il est considéré comme produit humide, le troisième est un produit à humidité intermédiaire.

Les valeurs de pH initiales (6,3 et 6,4) de différents types des viandes animales ont été identifié par Benlacheheb et al (2019) dans la viande fraîche d'agneaux. Lors de la période de maturation, les valeurs de pH baissent pour atteindre des valeurs finales de (5,2 à 5,5) ce qui s'explique qu'il y a une augmentation de l'acide lactique produit par les bactéries lactiques, ce processus est aussi remarquable pour le biltong sec et kaddid tunisien (Petit et al., 2014) ; (Zair et al, 2011).

Le sel joue un rôle principal pour les caractéristiques microbiologiques, physicochimiques et sensorielles (Toldra, 2002), il assure la conservation des aliments et la dégradation des protéines myofibrillaire, et aussi la solubilité de la viande (Chabbouh, 2012). Il inhibe la croissance des agents pathogènes et favorise la croissance des microorganismes halotolérants et /ou halophiles.

Il est conseillé de mettre El-Kaddid dans l'eau avant de le consommer pendant 24 heures pour diminuer le taux de sel.

La teneur des lipides varie selon le type des viandes animales, en effet, à la fin de la conservation pour 10/100g de matières sèche, la viande des ovins présente une teneur plus élevée de lipides, cependant les viandes de chèvre, bœuf, chameau sont de 5,1 à 7,2 g /100g de matière sèche (Rahman et al, (2005) ; Rastimba et al, (2019). L'oxydation des lipides pour toute les espèces animales à la fin de la conservation représente des valeurs de TBARS entre 2,2 et 5,2 mg MDA proche de Kitoza (3,5- 3,7mg MDA / kg). La viande porcine représente des valeurs plus élevés de l'oxydation des lipides (Yang et al,2009)

Le sel a un effet pro- oxydant qui résulte de l'action inhibitrice des enzymesantioxydante (Naveena,2010), (Gheisari et Mohamedi, (2010), (, Park,etRhee (2002), (Mei et Decker,1997), (O'Neill et al,1999). La viande contient des enzymes qui empêchent l'action desradicaux libres sur les lipides, le sel contient aussi des métaux lourds en faible quantité qui interviennent dans l'oxydation.

Les étapes de salage et séchage sont caractérisés par l'oxydation des protéines des produits carné (Bombrun et al, 2011).

La force ionique du a l'effet du sel (NaCl) contribue à l'oxydation des protéines, à l'assemblage des protéinées myofibrillaires et la sensibilité au carbonylation (Gimenez et al, (2005). La sensibilité à la carbonylation et l'assemblage des proteinesmyofibrillaires sont affecté par le chlorure de sodium. Les valeurs de l'oxydation des protéinés pour les viandes de toutes les espaces animales à la fin des périodes de maturation peuvent atteindre (73 à 9nmol/ mg de protéines). Les résultats microbiologiques de différents types de produits salés et séchés montrent une numérotation de la flore aérobie totale des tranches de viande fraîche (5logufc/ g), c'est une valeur enregistré pour la viande de mouton (Benlachehabe et al. ,2019).

Les *Staphylocoque* et les bactéries lactiques à coagulasse négativesont dominantes. Les levures et les moisissures sont aussi présentent, ces populations ont diminués à la fin de stockage (365 jours). Les *Listeria monocytogenes*et les *salmonella* ne sont pas identifiées, par contre les *staphylocoques* sont détectés (2,6 logufc /g) et les valeurs baissent au seuil de détection après un mois de maturation. Quelque échantillonssont contaminé par *Listeria* mais le plus souvent c'est la contamination par *staphylococcus aureus* (2,0 à 4,5 log ufc/ g) (Renduel et al, 2018), (Naidoo& Lindsay, 2010a), (Naidoo& Lindsay,2010b), (Rastimba et al.,2017), (Rastimba et al ,2019).

Les *Staphylocoques saprophytis* sont aussi dominants pour tous les types de viandes et pendant tous les processus de fabrication d'El-kaddid. C'est le cas aussi de la viande bovine ou la viande porcine (Rastimba et al., 2017) (Vilaret et al., 2000).

Dix sept genres de bactéries lactiques ont été identifiés pour les échantillons d'El-Kaddid des différents types de viandes. Les principaux genres LAB identifiés, à partir de saucisses sèches fermentées sont : *Lactobacillus* ; *Pediococcus* ; *Leuconostoc* ; *Weissella* et *Enterococcus* (Albano et al., 2009), (Ammor et al., 2007). Parmi ces LAB, *Lnmesenteroides* (30%) et *Lb. Sakei* (22%) sont considérés comme un microbiote dominant de tous types de viande d'El-Kaddid.

*Lb. Sakei* est l'espèce bactérienne typique du milieu carné. C'est l'espèce la plus répandue dans le microbiote des produits carnés frais emballés, et des viandes fermentées traditionnellement (Najjari et al., 2008; Bonomo et al., 2008; Di cagno et al., 2008; Cocolin et al., 2007; García Fontán et al., 2007; Ferreira et al., 2007; Leroy et al., 2015). Il est détecté dans la viande fraîche, et se développe lors de la fabrication des produits carnés séchés. Dans la période de conservation il devient uniflore dominante, à cause de sa résistance au sel, aux faibles teneurs en eau et aux basses températures.

Récemment des études ont montré que cette bactérie était retrouvée dans le tractus digestif de l'homme en bonne santé. Il est vraisemblable, que dans ce cas, son origine soit alimentaire et que cette bactérie soit une vieille compagne de l'homme.

Quant à *Ln. Mesenteroides*, il est souvent identifié dans les viandes fraîches emballées facilement périssables (Pothakos et al., 2015), mais elle est moins isolée dans les produits carnés fermentés (Leroy et al., 2015). *Lb. Sakei* et *Lnmesenteroides* peuvent produire des bactériocines qui peuvent contribuer à la sécurité des produits (Leroy et al., 2005; Benmechernene et al., 2014).

*Weissella* (17%) avec *W. viridescens* (9%) et *Enterococcus* (15%) avec *En. Hirae* (11%), étaient les deux populations sous-dominantes d'El-Kaddid. Les bactéries du genre *Weissella* habitent une variété de niches écologiques, y compris les plantes et les légumes et une variété d'aliments fermentés (Fusco et al., 2015).

Les entérocoques sont aussi présents dans plusieurs produits carnés. Ils sont l'agent principal d'altération, ou bien contribuent à la maturation et au développement de la saveur des

produits (Moyano et al., 2008 ; Fontán et al., 2007 ; Moreno et al., 2006 ; Ammor et al., 2005). *E. hirae* représentait 10% des isolats d'entérocoques dans les viandes rouges fraîches tunisiennes d'origines ovine et bovine comme les saucisses, le jambon et la viande hachée, dans des points de vente au détail en Allemagne (Klibi et al., 2013; Peters et al., 2003). Toutes ces bactéries lactiques dominantes ont la propriété de croître en présence du sel (halotolérantes) (Marceau et al., 2003 ; Franz et al., 2003; Fusco et al., 2015).

Les caractérisations microbiologiques de différents produits carnés finis ont montré la prédominance des bactéries lactiques dans les industries agro-alimentaires.

La concentration et la diversité de la flore d'intérêt technologique qualifient El-Kaddidun produit algérien comme étant un produit très intéressant du point de vue technologique. El-Kaddid a été caractérisé en fonction des produits de différentes origines animales et de conservation jusqu'à 365 jours. Selon cette caractérisation, on peut conclure qu'El-Kaddid est un produit carné traditionnel sûr, répondant aux critères d'hygiène et de durabilité.

Les caractérisations microbiologiques de différents produits carnés finis ont montré la prédominance des bactéries lactiques dans les industries agro-alimentaires.

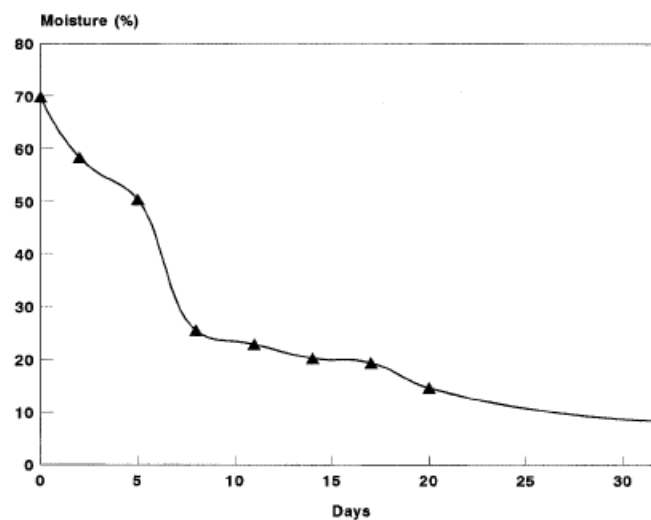
La concentration et la diversité de la flore d'intérêt technologique qualifient El-Kaddid algérien comme étant un produit très intéressant du point de vue technologique. El-Kaddid a été caractérisé en prenant en compte les produits de différentes origines animales pendant la conservation jusqu'à 365 jours. Selon cette caractérisation on peut conclure qu'El-Kaddid est un produit carné traditionnel sûr répondant aux critères d'hygiène et de durabilité.



**Article 3 :** Fabrication expérimentale d'un produit de viande kaddid : contrôle des micro-organismes.

**Caractéristiques chimiques :**

-Humidité : Une diminution nette de la teneur en eau a été notée pendant la période de séchage.



**Fig. 1** Moisture content change during *kaddid* processing under atmospheric conditions

Figure13 : Variation de la teneur en humidité au cours du temps dans les conditions atmosphériques d'El-Kaddid

-La diminution du taux d'humidité se fait plus lentement au cours des jours qui suivent. Elle est probablement due à la présence de l'eau libre dans le produit pendant le processus de séchage.

L'humidité doit être réduite le plus rapidement possible afin d'arrêter ou retarder la prolifération des micro-organismes dans le produit.

-pH : Une diminution nette du pH a été observée au cours de la période de séchage

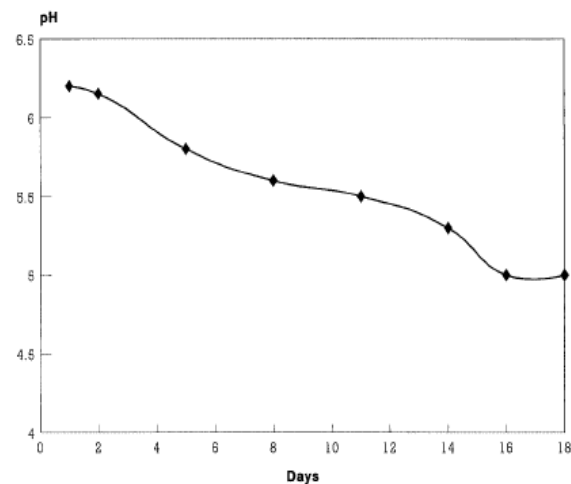


Fig. 2 pH decrease pattern in *kaddid* during drying

Figure 14 : Diminution du pH dans le kaddid pendant le séchage.

Le pH diminue dans les viandes pour atteindre une valeur ultime de 4,5.

La réduction du pH peut contribuer à retarder le développement des micro-organismes indésirables au cours de la transformation, alors que l'humidité est encore suffisamment élevée pour permettre la croissance microbienne.

-IDA : Une forte augmentation d'IDA a été notée pendant la première étape de séchage.

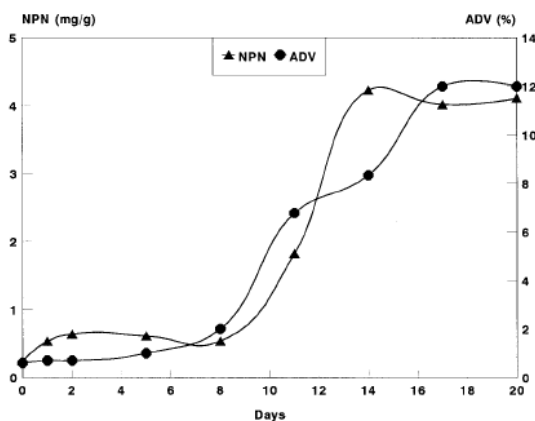


Fig. 3 Acid degree value (ADV) of fat and non protein nitrogen (NPN) change in *kaddid* during processing

Figure 15 : Variation de l'indice d'acidité (IDA) des matières grasses et de l'azote non protéique (ANP) dans le kaddid au cours du traitement.

Cette augmentation est supposée être due à l'hydrolyse des lipides ou à la lipolyse par les micro-organismes lipolytiques et/ou leur lipase.

Ce phénomène est susceptible de se produire au cours de la première étape, alors que le pH est encore à peu près neutre, et que l'*a<sub>w</sub>* est élevé. Les micro-organismes lipolytiques peuvent se développer dans ces conditions et libérer leurs enzymes qui peuvent continuer à dégrader les triglycérides même si les microorganismes sont détruits.

Après 20 jours l'IDA a atteint 25%, et il est resté presque constant dans le produit, ce phénomène peut être expliqué par l'inhibition du micro-biote lipolytique à partir des acides gras libres qui sont libérés dans le milieu pendant le processus de déshydratation.

-ANP : Une augmentation significative d'ANP a été observée dans le produit pendant le séchage et le stockage.

Les valeurs ont atteint 4mg/g après 14-20 jours et une légère variation pendant toute la période de séchage a été observée.

L'APN donne des informations sur la dégradation des protéines pour libérer des acides aminés, et d'autres métabolites. L'étape de protéolyse contribue à une maturation partielle du produit et les composés libérés peuvent contribuer à l'apparition de la saveur typique du Kaddid. Ils seraient en outre intéressants d'en savoir plus sur le mécanisme par lequel la viande est transformée en kaddid non seulement pour sa conservation mais aussi pour l'amélioration de sa qualité organoleptique.

### **Caractéristiques microbiologiques :**

Les résultats du contrôle des microorganismes sont associés à l'hygiène alimentaire au cours du processus de déshydratation par la détermination du nombre standard de plaques (SPC), des coliformes, des staphylocoques et des entérocoques. Les profils microbiens sont représentés sur la figure 4. Il en ressort :

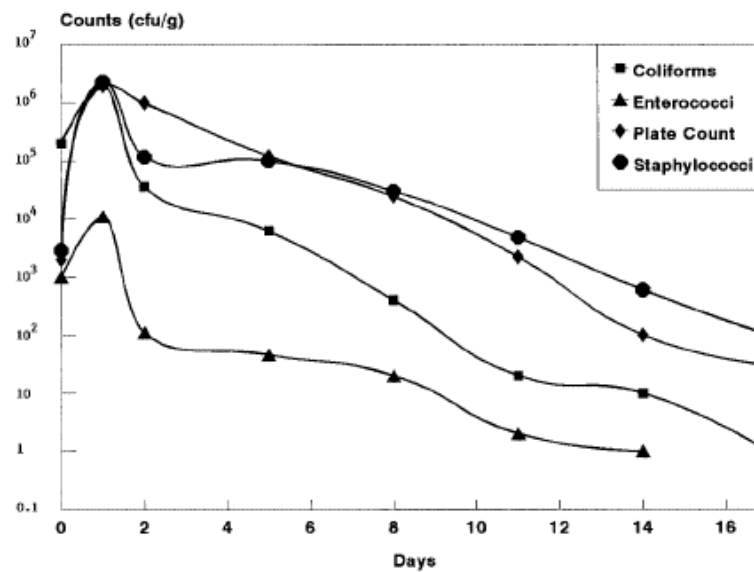


Fig. 4 Microbial profiles of the hygienic microorganisms in *kaddid* during processing

Figure 16: Profils microbiens des micro-organismes dans le kaddid pendant le traitement.

Une diminution des taux de microorganismes est marquée pendant le processus de séchage. Cette diminution peut garantir le degré de conservation contre les microorganismes indésirables et/ou dangereux. Un taux constant des microorganismes est remarqué pendant les jours suivants de stockage.

-CSP :

L'observation d'une légère augmentation du CSP au cours de la première étape du processus, puis une réduction qui atteint le nombre de 10 cfu/g.

Ce faible niveau obtenu peut confirmer que la conservation a été effectuée correctement.

-Staphylococcus :

Le nombre de *staphylocoques* était plus élevé dans les échantillons de kaddid ne provenant de points de vente au détail ce qui est en accord avec Bennani et al (1995).

Soit 6,2105 ufc/g. Des intoxications alimentaires peuvent être provoquées par ces microorganismes, ils sont les plus dangereux et ne sont pas sensibles au salage, leurs présences dans le produit sont un grand problème.

Il a été observé une réduction *destaphylococcus* à un faible niveau lors des essais de laboratoire, mais le problème existe toujours.

-Enterococci:

Il a été observé une légère augmentation des *enterococci* pendant le premier jour de processus, puis une réduction nette du nombre d'*enterococci* qui atteint 1ufc/g.

Cela peut être dû aux actions ultérieures du salage, de l'épîçage et du séchage, en effet les *Enterococci* sont sensibles au salage et au séchage, comme le rapportent Loncin et al (1968)

-Les coliformes :

Il a été observé une légère augmentation du nombre de coliformes puis une forte diminution pour atteindre un faible taux autour de 1ufc/g.

Ce faible nombre de coliforme confirme que la conservation a été bien faite.

-Salmonella

L'observation d'une absence de *Salmonella* dans la matière primaire, et son absence dans le produit n'est pas une donnée pertinente concernant son inactivation par le salage /séchage.

-Clostridium :

Il n'a pas été détecté à des niveaux élevés dans la matière première (moins de 10 ufc /g), et les nombres n'ont pas augmenté pendant la transformation.

Présentation des résultats montrant le profil microbien qui détermine les microorganismes protéolytiques et lipolytiques, dans le Kaddid

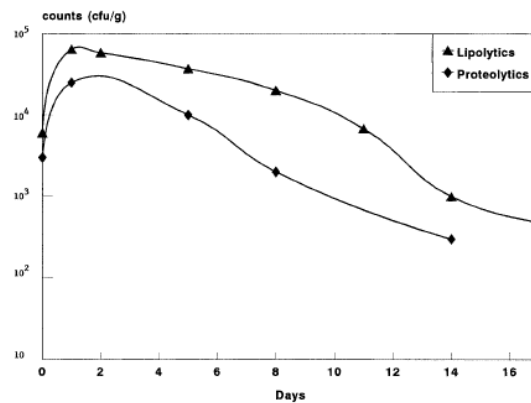


Fig. 5 Lipolytic and proteolytic microorganism profiles in *kaddid*

Figure 17: Profil des microorganismes lypolytiques et protéolytiques dans le Kaddid.

L'observation d'une diminution rapide du nombre des microorganismes protéolytiques, et lipolytiques peut atteindre des niveaux bas après 5 et 8 jours.

Au cours du traitement, une constante de faibles niveaux a été observée, cela peut indiquer une stabilité régulière et confirmer le succès du processus de conservation du kaddid contre les dégradations biochimiques indésirables de la matière organique due à des micro-organismes d'altération qui conduisent à la putréfaction.

# **CONCLUSION GENERALE**

## Conclusion Générale

---

Le suivi des paramètres physico-chimiques des viandes traditionnelles étudiées tout au long de la période de maturation a démontré une baisse du pH, ainsi qu'une faible activité d'eau, ce qui a provoqué l'inhibition de la croissance microbienne, en particulier les agents pathogènes comme *Listéria* et *Clostridium*.

L'absence des microorganismes est dû aussi au taux élevés de chlorure de sodium ce qui confirme la bonne méthode de conservation des viandes traditionnelles par le sel

La présence d'acide lactique qui a conduit à la baisse du pH est dû aux bactéries lactiques responsables d'une fermentation rapide des glucides comme *Leuconostoc mesenteroides* et *Lactobacillus sakei* qui sont connus pour donner la saveur, la flaveur, le goût et la texture des produits.

La réduction du taux d'humidité et le taux élevé de sel a conduit aussi à une augmentation des teneurs en lipides et une forte oxydation des protéines ce qui n'est pas du tout néfaste à la santé humaine puisque le taux de sel diminue considérablement après immersion du produit dans l'eau pendant quelques heures avant sa consommation.

La viande salée séchée est un produit carné traditionnel sûr car il répond aux critères d'hygiène et de durabilité. C'est un produit très intéressant d'un point de vue technologique qui pourra devenir industriel dans l'avenir.



# *Références Bibliographiques*

## Références Bibliographies

---

- ❖ Aboukheir, Kilbrtus, 1974 .Frequence des levures dans les denrées alimentaires à base de viande .Ann.Nutr.Aliment 28:539-547.
- ❖ Aguirrezabal M.M., Mateo J., Dominguez M.C. and Zumalacarregui J.M. The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausages. *MeatSci*;54(1): 77-81. Akköse A. and Aktaş N2000 . Curing and diffusion coefficient study in pastirma, a Turkish
- ❖ Aksu M.I and Kaya M 1998 . Production of pastirma with different curing methods and using starter culture. *Turk. J.Vet. Anim. Sci* 2002;26:909–916. yagli et al.
- ❖ 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.
- ❖ Albano, H., van Reenen, C. A., Todorov, S. D., Cruz, D., Fraga, L., Hogg, T., & Teixeira, P. 2009. Phenotypic and genetic heterogeneity of lactic acid bacteria isolated from “Alheira”, a traditional fermented sausage produced in Portugal. *Meat Science*, 82(3), 389–398. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.02.009>.
- ❖ Ammor, M. S., & Mayo, B. 2007. Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: An update. *Meat Science*, 76(1), 138–146. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.10.022>.
- ❖ Ando et Yamane, 2005. Ando, M., E. Takenaga, S. Hamase and A. Yamane. (2005). Effect of super-chilling storage on maintenance of quality and freshness of swordtip squid *Loligo Edulis*. *FoodSci.Tech.*
- ❖ Anonyme, 1917. *Espri des journaux, nationaux et étranger, journal encyclopédique par une société de litterateurs et de savons* , T.II , de Weissenbruch, Bruxelles, P : 300.
- ❖ Bekerroum 2013. 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.
- ❖ Benfrid M., 1998. La commercialisation du bétail et de la viande rouge en Algérie, dans *ère des viandes rouges dans les pays méditerranéens* (eds : BELHADJ T., BOUTONNET J.P., DI GIULIO A.), CIHEAM, N° 35, 163-174.
- ❖ Benlacheheb, R., Becila, S., Sentandreu, M. A., Hafid, K., Boudechicha, H. R., & Boudjellal, A. 2019. El Gueddid, a traditional Algerian dried salted meat: Physicochemical, microbiological characteristics and proteolysis intensity during its

## Références Bibliographies

manufacturing process and ripening. *Food Science and Technology International*, 25(4), 347–355. <https://doi.org/10.1177/1082013219825892>.

- ❖ Bennani ;Gök V., Obuz, E. and Akkaya L1995. Effects of packaging method and storage time on thechemical, microbiological, and sensoryproperties of Turkishpastirma–A dry curedbeefproduct. *Meat science* 2008;80(2) :335-344.
- ❖ Bennani L., Zenati Y., Faid M. and Ettayebi M1995. Physico-chemical and microbiologicalcharacteristics of a driersaltedmeatproduct (Kaddid) in Morocco. *Z LebensmUnters*
- ❖ Bennani L, Zenati Y, Faid M, Ettayebi M Z1995. *Lebensm Unters Forsch* 201 : 528–532.
- ❖ Berzellius JJ1831.trad Me Esslinger, *Traite de chimie*, Firmin Didot freres, Paris.;Ferrah, 2005errah A., 2004/2005. Cabinet greedal.com, Aide publique et développement de l'élevageenAlgérie, [en ligne], 2007, (consulté le 12.11.2013), disponiblesur internet 10/04/2013.
- ❖ Bombrun, L., Gatellier, P., Carlier, M., & Kondjoyan, A. 2014. The effects of low saltconcentrations on the mechanism of adhesion between two pieces of pork semi-membranosus muscle following tumbling and cooking. *Meat Science*, 96(1), 5–13.
- ❖ Boudechicha H. R2014 . Caractérisation physicochimique et microbiologique de KhliaaEzir,produit carné traditionnel Algérien. Mémoire de magister 2014 ; disponible dans la bibliotheque de l'inataa, université des frères mentouri- Constantine1. P140
- ❖ Boudechicha H.R, Nasri I., Bennaceur Z., Sellama M., Hafid K. and Boudjellal A., 2017. Microbiological changes during the preparationsteps of KhliaaEzir: atraditionalcuredmeatproduct of Algeria. *Integr Food NutrMetab*;4(6): 1-5.
- ❖ Boudechicha H. R 2014 . Caractérisation physicochimique et microbiologique de KhliaaEzir,produit carné traditionnel Algérien. Mémoire de magister; disponible dans labibliotheque de l'inataa, université des frères mentouri- Constantine1. P140
- ❖ Bourgeoi set Larpent, 1996. *Microbiologie alimentaire* .Edition , Tec et Doc , Dunod, Paris.
- ❖ Bourgeois C.M. et Cleret J.J., 1980. Principes de base des contrôles microbiologiques industriels in TAIAA : contrôle microbiologique. Ed. Tec et doc, vol.3, Paris.
- ❖ 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.

## Références Bibliographies

---

- ❖ Brewer, 2010. Brewer S., 2010. Technological Quality of Meat for Processing. In handbook.
- ❖ Cartier P. et Moevi I, 2007. La qualité des carcasses et des viandes de gros bovins.
- ❖ Cassens, R.G., 1994. Meat Preservation, Preventing Losses And Assuring Safety, 1st Edn., Food and Nutrition Press, Inc. Trumbull, Connecticut, USA..
- ❖ CENEAP., 2010. Le programme d'ajustement structurel et ses effets sur l'économie.
- ❖ Cetin B, Sert S, Yetim H 2005. Microbiological quality of the kavurma samples marketed in Erzurum, Turkey. Ann Microbiol 55: 27-31.
- ❖ Chabbouh M., Sahli A. and Bellagha S 2013 . Does the spicing step affect the quality and drying behaviour of traditional Kaddid, a Tunisian cured meat? J Sci Food Agric; 93(14):3634-4
- ❖ Chabbouh, M., Ahmed, S. B. H., Farhat, A., Sahli, A., & Bellagha, S. 2012 Studies on the salting step of Tunisian kaddid meat: Experimental kinetics, modeling and quality. Food and Bioprocess Technology, 5(5), 1882–1895. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0635>
- ❖ Clinquart A., Fabry J., Casteels M 1999 . La viande et les produits de viande dans notre alimentation. Edition, CNRS .;
- ❖ Coibion L., 2008. Acquisition des qualités organoleptiques de la viande bovine Adaptation à la demande du consommateur, p 7-25. processing meat. Edition a John Wiley & Sons, Inc., Publication, p 26, 32.
- ❖ Couvez Pascal., Delbos Eris 2010. Transformation carnée à la ferme. Edition educagri.
- ❖ Dadalioglu et Dadalioglu I, Evrendilek GA 2004. Chemical compositions and antibacterial effects of essential oils of Turkish oregano (*Origanum minuti florum*), bay laurel (*Laurus nobilis*), Spanish lavender (*Lavan dulastoechas L.*), and fennel (*Foeniculum vulgare*) on common food borne. Food Chemistry.
- ❖ Debiton E., 1994. Viande facteurs biologiques impliqués. These présentée pour l'obtention du diplôme d'étude approfondie, science des aliments. Université Blaise Pascal .34p. Gondret et al., 2004. (Cobos, et Diaz, 2015).
- ❖ Draganski, 2012. Inventor; Highland Park, NJ, US, assignee. Jan 19. Dried meat snack and process of preparation thereof. US Patent 20,120,015,074.
- ❖ Duclos M 2008 . Sciences du muscle et technologies des viandes INRA- Unité de recherche Avicoles

## Références Bibliographiques

---

- ❖ Durant,1999. Technologie des produits de charcuterie et de salaison Edition ,Tec et Doc , Paris.
- ❖ Essid I., Ben Ismail H., Bel Hadj Ahmed S., Ghedamsi R. and Hassouna M 2007. Characterization and technological properties of *Staphylococcus xylosum* strains isolated from a Tunisian traditional salted meat. *MeatSci*;77(2): 204-12.
- ❖ Fakolade P.O. & Omojola A.B., 2008. Proximate composition, pH value and microbiological evaluation of ‘Kundi’ (dried meat) product from beef and camel meat. Conference on International Research on Food Security, 7–9 October Natural Resource Management and Rural Development. University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.
- ❖ FAO., 2000. Abattage, découpe de la viande et traitement ultérieure. FAO. Rome P23-44.
- ❖ F AO, 2000-2012. Annuaire statistique de l’Algérie. Résultats 2000/2012, n° 17, Alger,
- ❖ FAOSTAT., 2013. Données statistiques de la FAO, domaine de la production.
- ❖ Fernandez E, Rozas-Barrero J, Romeo-Rodriguez 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.
- ❖ Fletcher, D.L., 2009. Poultry meat quality. *World's Poultry Science Journal* 52 (June):
- ❖ Fournaud 1982. Type de germes rencontrés aux différents stades de filière : Hygiène et Technologie de la viande fraîche, Edition, C ,N,R ,S, Paris.
- ❖ Fredot, 2005 connaissance des aliments. Edition *Tec et Doc*, Lavoisier, Paris.
- ❖ Froning G.W., 1995. Color of poultry meat. *Poultry and Avian Biology Reviews* 6(1): 83-93.
- ❖ Frperc, S.J., 2004. Poultry refrigeration. In: *Poultry meat processing and quality*, G.Mead (Ed.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
- ❖ Fusco, V., Quero, G. M., Cho, G.-S., Kabisch, J., Meske, D., Neve, H., ... Franz, C. M. A. P. 2015. The genus *Weissella*: Taxonomy, ecology and biotechnological potential. *Frontiers in Microbiology*, 6, 155. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015>.
- ❖ Gagaoua et Boudechicha, Boudechicha H.R., Sellama M., Lamri M., Boudjellal A. and Gagaoua M 2018 . Produits carnés traditionnels des pays d’Afrique du Nord. *Viandes et Produits Carnés* 2018 ;34(3-8) :1-19.

## Références Bibliographies

---

- ❖ Gagaoua M. and Boudechicha H.R 2018 . Ethnicmeatproducts of the NorthAfrican andMediterranean countries: an overview. *Journal of EthnicFoods*; 5(2): 83-98.
- ❖ Gailani M.B. and Fung D.Y.C. 1989. Microbiology and water activityrelationship in the processing and storage of sudanese dry meat (Sharmoot). *J Food Prot* 1989;52(1):13-20.
- ❖ Gheisari, H. R., & Motamedi, H. 2010. Chloride salt type/ionic strength and refrigeration effects on antioxidant enzymes and lipid oxidation in cattle, camel and chicken meat. *Meat Science*, 86(2), 377–383. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.020>.
- ❖ Gök V., Obuz, E. and Akkaya L 2008. Effects of packaging method and storage time on the chemical, microbiological, and sensoryproperties of Turkishpastirma–A dry curedbeefproduct. *Meat science* 2008;80(2) :335-344.
- ❖ 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.
- ❖ Guiraud J.P 2003. *Microbiologie alimentaire*. Dunod –RIA ;,p.696.
- ❖ Hadlock, Schipper1974. *Hygiene et technologie de la viande fraiche* .Edition CNRS
- ❖ Hamad B 2009. Contribution à l'étude de la contamination superficielle Bacterienne et fongique des carcasses camelins au niveau de l'abattoir d'EL-OUED. *Memoire de magister veterinaire Université Mentouri de Constantine* pp:29-30
- ❖ Heinz et Hautzinger, 2007. Heinz, G., and P. Hautzinger, 2007. *Meat Processing Technology. For Small-To Medium scale Producers*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific. Retrived on 1st June 2010, from [ao/010/ai407e/ai407e00.pdf](http://ao/010/ai407e/ai407e00.pdf).
- ❖ Honikel et al., 2008 Honikel KO. Curing. In : *Handbook of meat processing*. Wiley-Blackwell; 2010. p. 125-41.  
<http://www.gredaal.com/ddurable/agricolevage/obselevages/publications/autres/ElevageAlgerie-2005.pdf>
- ❖ Huff-Lonergan E., & Lonergan S.M., 1999. Postmortem mechanisms of meat
- ❖ Igene J. Traditional African meat products for food security and agroindustrialization: development challenges. Germany: Lambert Acad. Publ; 2009. p. 250. 2008. Issanchou  
Igene, J. O., Farouk, M. M., & Akanbi, C. T. 1990. Preliminary studies on the traditional processing of Kilishi. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 50(1), 89-98
- ❖ Igene J, 2009. Traditional African meat products for food security and agroindustrialization: development challenges. Germany: Lambert Acad. Publ;. p. 250. 2008.

## Références Bibliographies

---

- ❖ Insrj, 2006. Tabela de Composição de Alimentos. Lisbon (mémoire de méthode de conservation).
- ❖ kalilou S, 1997. Transformation traditionnelle de la viande en kilichi au Niger, optimisation des procédés Thèse de Doctorat, Montpellier, France. p : 137
- ❖ Kauffman RG 2012. Meat composition. In: Hui YH (ed) Handbook of meat and meat processing. CRC Press, Boca Raton Agriculture, Site web : <http://faostat.fao.org/site/573/default.aspx#ancor>, consulté le modèle describing the effect of temperature and water activity on the growth of psychrotrophic nationale. Enquête « Ménages »
- ❖ Klibi, N., Ben Said, L., Jouini, A., Ben Slama, K., López, M., Ben Sallem, R., ... Torres, C. 2013. Species distribution, antibiotic resistance and virulence traits in enterococci from meat in Tunisia. *Meat Science*, 93(3), 675–680. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.020>; Peters et al., 2003.
- ❖ Korsak N., Clinquart A. & Daube G., 2004. Salmonella spp. Dans les denrées alimentaires d'origines animale : un réel problème de santé Publique. *Ann. Méd. Vét.*, 148, 174–193.
- ❖ Lameloise P., Roussel-Ciquard N. & Rosset R., 1984. Evolution des qualités.
- ❖ 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.
- ❖ Lewis, H. E., Masterton, J. P., & Ward, P. G. 1957. The food value of biltong (South African dried meat) and its use on expeditions. *British Journal of Nutrition*, 11(1), 5-12.
- ❖ Limsowtin GKY, Broome MC, Powell IB 2004. Lactic acid bacteria, taxonomy. In *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Roginski H. Oxford, Elsevier, 1470-1478.
- ❖ 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 et 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.

## Références Bibliographies

---

- ❖ Lofgren PA 2005. Meat, poultry and meatproducts. In: Caballero B, Allen L, Prentice A (eds) Encyclopedia of human nutrition.
- ❖ Loncin M, Binbinet JJ, Lengès J 1968. *J Food Technol* 3 : 131–142.
- ❖ Malti JE, Amarouch H 2008. Microbiological and physicochemical characterization of natural fermented camel meat sausage. *J Food Process Preserv* 32: 159-177.
- ❖ Marco A., Navarro J.L. & Flores M., 2006. The influence of nitrite and nitrate on microbial, chemical and sensory parameters of slow dry fermented sausage. *Meat Science*. vol. 73, 660 -673.
- ❖ 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.
- ❖ Montero, P., Giménez, B., Pérez-Mateos, M., & Gómez-Guillén, M. C. 2005. Oxidation stability of muscle with quercetin and rosemary during thermal and high-pressure gelation. *Food Chemistry*, 93(1), 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.08.038>.
- ❖ Morisetti M., 1971. Public health aspect of food processing. In : *Hygiène et technologie de la viande fraîche*, Edition du CNRS. p 105 -108.
- ❖ Naidoo, K., & Lindsay, D. 2010a. Survival of *Listeria monocytogenes*, and enterotoxin-producing *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus pasteurii*, during two types of biltong-manufacturing processes. *Food Control*, 21(7), 1042–1050. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.12.025>.
- ❖ Naidoo, K., & Lindsay, D. 2010b. Naidoo, K., & Lindsay, D. 2010b. Pathogens associated with biltong product and their invitro survival of hurdles used during production. *Food Protection Trends*, 30(9), 532–533. Ratsimba, A., Leroy, S., Chacornac, J. P., Rakoto, D., Arnaud, E., Jeannoda, V., & Talon, R. 2017. Staphylococcal ecosystem of Kitoza, a traditional Malagasy meat product. *International Journal of Food Microbiology*, 2017(246), 20–24.
- ❖ Naidoo, K., & Lindsay, D. 2010. Survival of *Listeria monocytogenes*, and enterotoxin-producing *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus pasteurii*, during two types of biltong-manufacturing processes. *Food Control*, 21(7), 1042-1050.



## Références Bibliographies

---

- ❖ Najjari, A., Ouzari, H., Boudabous, A., & Zagorec, M. 2008. Method for reliable isolation of *Lactobacillus sakei* strains originating from Tunisian seafood and meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 121, 342–351.
- ❖ Neumeyer, K., T. Ross, G. Thomson and T.A. McMeekin.(1997). Validation of a Nutsch et al., 1997)Nutsch A.L., Phebus R.K., Riemann M. J., Schafer D. E., Boyer J.R., Wilson R.C.,Leising J.D. &Kastner C.L., 1997.Evaluation of a steam pasteurization process in acommercial beef processing facility. *Journal of Food*.
- ❖ O'Neill, L. M., Galvin, K., Morrissey, P. A., & Buckley, D. J. 1999. Effect of carnosine, salt and dietary vitamin E on the oxidative stability of chicken meat. *Meat Science*, 52(1), 89–94. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00152-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00152-1).
- ❖ Papamanoli E, Kotzekidou P, Tzanetakis N, Litopoulou-Tzanetaki E 2002.Characterization of Micrococcaceae isolated from dry fermented sausage. *Food Microbiol* 19: 441-449
- ❖ Perez-Rodríguez F, Castro R, Posada-Izquierdo GD, Valero A, Carrasco E, 1998. (Evaluation of hygiene practices and microbiological quality of cooked meat products during slicing and handling at retail. *Meat Sci* 86: 479-485. [Crossref]).
- ❖ Peters, J., Mac, K., Wichmann-Schauer, H., Klein, G., & Ellerbroek, L. 2003. Species distribution and antibiotic resistance patterns of enterococci isolated from food of animal origin in Germany. *International Journal of Food Microbiology*, 88, 311–314. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(03\)00193-4](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(03)00193-4).
- ❖ Petit, T., Caro, Y., Petit, A. S., Santchurn, S. J., & Collignan, A. 2014. Physicochemical and microbiological characteristics of biltong, a traditional salted dried meat of South Africa. *Meat Science*, 96(3), 1313–1317. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.0031>).
- ❖ Pothakos, V., Devlieghere, F., Villani, F., Björkroth, J., & Ercolini, D. 2015. Lactic acidbacteria and their controversial role in fresh meat spoilage. *Meat Science*, 109, 2015. 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.04.014>.
- ❖ Rahman, M. S., Salman, Z., Kadim, I. T., Mothershaw, A., Al-Riziqi, M. H., Guizani, N. Ali, A. 2005. Microbial and physico-chemical characteristics of dried meat processed by different methods. *International Journal of Food Engineering*, 1, 1–114. <https://doi.org/10.2202/1556-3758.10161,2005> ) , Ratsimba, A., Rakoto, D., Jeannoda, V., Andriamampianina, H., Talon, R., Leroy, S., ... Arnaud, E. 2019. Physicochemical and

## Références Bibliographies

- microbiological characteristics of kitoza, a traditional salted/dried/smoked meat product of Madagascar. *Food Science & Nutrition*, 7(8), 2666–2673.
- ❖ Ratsimba, A., Rakoto, D., Jeannoda, V., Andriamampianina, H., Talon, R., Leroy, S., ... Arnaud, E. 2019. Physicochemical and microbiological characteristics of kitoza, a traditional salted/dried/smoked meat product of Madagascar. *Food Science & Nutrition*, 7(8), 2666–2673. <https://doi.org/10.1002/fsn3.112>,
  - ❖ Reynolds, G., 2007. Super chilling keeps fish fresh longer, claim scientists. Retrieved on 11th June 2010, from <http://www.foodqualitynews.com/Innovation/Superchilling-keeps-fish-fresh-longer-claim-scientists>.
  - ❖ Rosset M R. & Linger P., 1978. La couleur de la viande .Actualités scientifiques et techniques en industries agro-alimentaires .22eme Edition APRIA. Paris. p 1-3.
  - ❖ Rosset R, 1982. Les méthodes de décontamination des viandes dans traitement divers dans l'hygiène et technologie e la viande fraîche .CNRS .Paris p193-197.p352.
  - ❖ Rossert E, 1984. Les viandes dans l'alimentation . CRDP. France.pp58-78.p170 MEMOIRE KHLIAA EZIR EN ALGERIE .
  - ❖ Rust R.E and Knipe C.L 2014. Ethnic meat products in North America. In: Dikeman M and Devine C, editors. *Encyclopedia of meat sciences*. 2nd ed. Oxford: Academic Press.
  - ❖ Sablonnière, 2001. *Technologie alimentaire* .Edition Ellipses Marketing SA.
  - ❖ Sadoud M., 2010. Rôle des marchés du bétail dans les filières viandes bovine et ovine
  - ❖ Sakho B, 1992. Communication de la guinée, in : Atelier sur technologies simple et peu couteuse de conservation de la viande du 12 au 17 octobre à Dakar , Senegal .p :3.
  - ❖ Santchurn, S. J., Arnaud, E., Zakhia-Rozis, N., & Collignan, A. 2012. Drying: principles and applications. In: Hui Y. H. (Ed), *Handbook of Meat and Meat Processing* (505-521). Bosa Roca, FL : CRC Press Inc/Taylor and Francis Group.
  - ❖ Smires L.B 2007. *La Cuisine Marocaine: Algerie, Tunisie, Liban, France, Italie, Espagne, Grece et plus de 75 recettes supplémentaires*. La Societe d'Edition et de Diffusion Al Madariss .
  - ❖ Staron T., 1979. La viande dans l'alimentation humaine. APRIA .Paris. pp01-05.p110 tenderization: The roles of the structural proteins and the calpain system. In *Quality Attributes of Muscle Foods*, Y. L. Xiong , C. - T. Ho , and F. Shahidi (eds.), pp. 229 – 251 New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers,

## Références Bibliographies

---

- Touraille, 1994 ; Lawrie, 2002. Touraille C., 1994. Incidences des caractéristiques musculaires sur les qualités.
- ❖ Starton T., 1982. Viande et alimentation humaine .Ed. Apria, Paris. P110.; Touraille, 1994; Incidences des caractéristiques musculaires sur les qualités.
  - ❖ Taylor, M. B. 1976. Changes in microbial flora during biltong production. South African Food Review, 3(2), 120-123.
  - ❖ Toldra´, F. 2002 Manufacturing of dry-cured ham. Dry-cured meat products (pp. 27–62). Trumbull, Connecticut, USA: Food & Nutrition Press Inc.
  - ❖ Van der Riet, 1982 . Biltong a South African dried meat product. Fleischwirtschaft, 62(8), 1000-1001.
  - ❖ Vierling E., 2003. Les viandes dans l'alimentation .CRDP. France. pp58-78. p170.
  - ❖ Vilar, I., Garcia Fontan, M. C., Prieto, B., Tornadijo, M. E., & Carballo, J. 2000. A survey on the microbiological changes during the manufacture of dry-cured Lacon, a Spanish traditional meat product. Journal of Applied Microbiology, 89, 1018–1026. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.01210.x>.
  - ❖ Warriss, 2000, Keeton Eddy, 2004 .Meat science. An introductory text. CAB International, Oxon
  - ❖ Wu, G. 2009. Amino acids: Metabolism, functions, and nutrition. Amino Acids, Starton T., 1982. Viande et alimentation humaine .Ed. Apria, Paris. P110.
  - ❖ Yang, H. S., Hwang, Y. H., Joo, S. T., & Park, G. B. 2009. The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky. Meat Science, 82(3), 289–294. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.029>.
  - ❖ Zaier, A., Essid, I., Chabbouh, M., Bellagha, S., & Sahli, A. 2011. Physico-chemical and microbial characteristics of traditional and industrial kaddid. Palma, Balearic Island, Spain: European Drying Conference.

# **ANNEXES**

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

Hiba-Ryma Boudechicha<sup>1</sup>, Ines Nasri<sup>1</sup>, Zahra Bennaccour<sup>1</sup>, Meriem Sellama<sup>1</sup>, Kahina Hafid<sup>1</sup>, Abdelghani Boudjellal<sup>1</sup> and Mohammed Gagaoua<sup>2\*</sup>

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

<sup>2</sup>UMR1213 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  $6.19 \pm 0.01$  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



# Annexes

Boudechicha HR (2017) Microbiological changes during the preparation steps of *Khliia Ezir*: a traditional cured meat product of Algeria

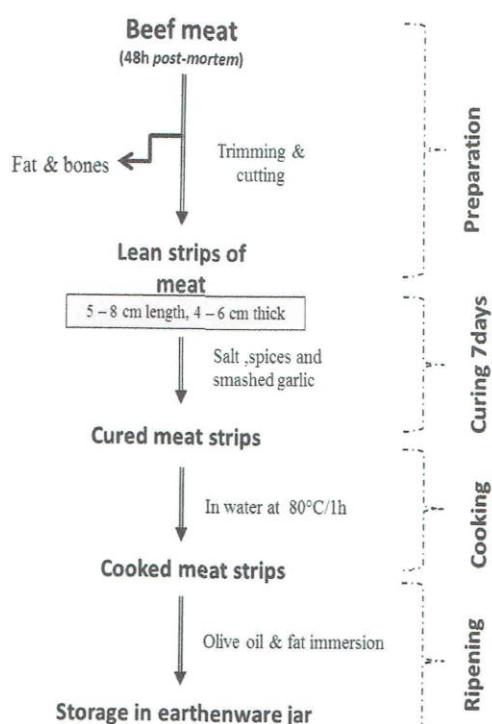


Figure 1. The traditional diagram of *Khliia Ezir* preparation [1]

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  $\text{O}_2$  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

# Annexes

Boudechicha HR (2017) Microbiological changes during the preparation steps of *Khliaa Ezir*: a traditional cured meat product of Algeria

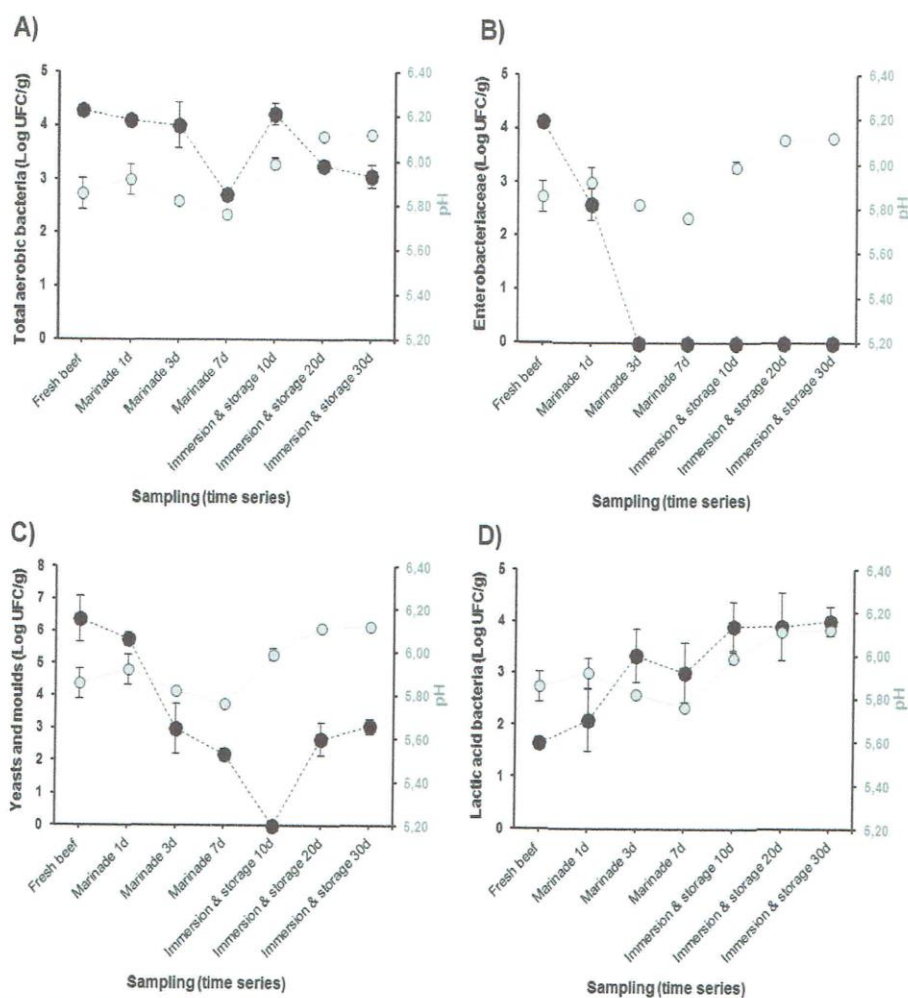


Figure 2. Bacterial groups' evolution (Log CFU/g) and relation with pH during the main *Khliaa Ezir* preparation steps for A) total aerobic bacteria; B) *Enterobacteriaceae*; C) Yeasts and Molds and D) Lactic acid bacteria

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"> <li>• Fresh meat</li> <li>• Marinade (1, 3, 7 days)</li> <li>• Cooking</li> <li>• Storage and ripening (10, 20, 30days)</li> </ul>
<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	

PC: 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



Boudechicha HR (2017) Microbiological changes during the preparation steps of *Khliia Ezir*: a traditional cured meat product of Algeria

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  $1.64 \log \text{cfu g}^{-1}$  in fresh beef which increase during ripening to reach a maximum value of  $4 \log \text{cfu g}^{-1}$  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  $71^{\circ}\text{C}$ .

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, Gagooua 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, Gagooua 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]
- Gok 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, Sanchum SJ, Collignan A (2014) Physicochemical and microbiological characteristics of bitlong, 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 Micrococccaceae 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 *Myristicafragrans* (nutmeg) against *Streptococcus mutans*. *Phytomedicine* 13: 261-266.
- González B, Díez 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, Tornadajo 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, Vazquez-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.



# Annexes

---

Boudechicha HR (2017) Microbiological changes during the preparation steps of *Kbllaa Ezir*: a traditional cured meat product of Algeria

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, Krockel I. (1992) Starter and protective cultures for meat and meat products. *Fleischwirtschaft* 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.

**Copyright:** ©2017 Boudechicha HR. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

*Integr Food Nutr Metab*, 2017    doi: 10.15761/IFNM.1000199

Volume 4(6): 5-5



### Physicochemical and microbiological characteristics of El-Guedid from meat of different animal species

Roumeila Bader, Samira Becila, Philippe Ruiz, Fairouz Djeghim, Ibtissem Sanah, Abdelghani Boudjellal, Philippe Gatellier, Stéphane Portanguen, Régine Talon, Sabine Leroy

► **To cite this version:**

Roumeila Bader, Samira Becila, Philippe Ruiz, Fairouz Djeghim, Ibtissem Sanah, et al.. Physicochemical and microbiological characteristics of El-Guedid from meat of different animal species. *Meat Science*, 2021, 171, pp.108277. 10.1016/j.meatsci.2020.108277 . hal-02935651v2

**HAL Id: hal-02935651**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02935651v2>**

Submitted on 15 Oct 2020

**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.



Contents lists available at ScienceDirect

Meat Science

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/meatsci](http://www.elsevier.com/locate/meatsci)

## Physicochemical and microbiological characteristics of El-Guedid from meat of different animal species



Roumeila Bader<sup>a</sup>, Samira Becila<sup>a,\*</sup>, Philippe Ruiz<sup>b</sup>, Fairouz Djeghim<sup>c</sup>, Ibtissem Sanah<sup>a</sup>, Abdelghani Boudjellal<sup>a</sup>, Philippe Gatellier<sup>d</sup>, Stéphane Portanguen<sup>d</sup>, Régine Talon<sup>b</sup>, Sabine Leroy<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Equipe MaQuaV, Laboratoire BioQuAI, Institut de Nutrition d'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA), Université des Frères Mentouri Constantine 1, 25000, Algeria

<sup>b</sup> Université Clermont Auvergne, INRAE, MEDIS, Clermont-Ferrand 63000, France

<sup>c</sup> Equipe Elaboration et Transformation de Produits Agro-Alimentaires (T.E.P.A.), Laboratoire de Nutrition et Technologie Alimentaire (L.N.T.A.), INATAA, 25000, Algeria

<sup>d</sup> INRAE, UR370 Qualité des Produits Animaux, F-63122 Saint Genès-Champagnelle, France

### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
El-Guedid  
Dry-salted meat product  
Lactic acid bacteria  
Coagulase negative staphylococci

### ABSTRACT

El-Guedid is an Algerian traditional meat-based product that is prepared from red meats. It belongs to the wide diversity of salted/dried meat products. This study described the physicochemical and microbiological properties of different products from four animal origins and during all the conservation. Results indicated that these products were mainly characterized by a low moisture with an average decrease of water content between 15.6% and 16.3% for all the samples, and a decrease in water activity ranging from 0.66 to 0.68, while the salt content ranged from 8.8 to 19.3%. A decrease in pH values oscillated from (6.3–6.4) to reach (5.2–5.5) at T0 and T365 consecutively, in all the samples. Microbial analyses revealed the absence of pathogenic bacteria such as *Listeria* and *Salmonella* but the sporadic contamination by *Staphylococcus aureus* up to one month of ripening. Lactic acid bacteria and coagulase negative staphylococci were the dominant populations in El-Guedid with *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus sakei*, and *Staphylococcus saprophyticus* as the main species identified. All these populations decreased along the process and reached low levels (2 log CFU/g) at the end of storage (365 days). The drastic drying of El-Guedid led to safe traditional meat product that could promote its production.

### 1. Introduction

Ethnic products are part of the gastronomic and cultural heritage that promote the local, regional or national identity in countries. Recipes with ancestral know-how are transmitted from generation to generation and perpetuate the tradition. Traditional meat products are part of this ethnic products (Gagaoua & Boudechicha, 2018). Only a few traditional meat products (not all listed) are available in Algeria and they have remained confined to their geographical nests. Unfortunately, many of them are on the verge of extinction, for various reasons, including a change in eating habits. Recently, an overview documented the 32 most known of the ethnic meat products in North African and Mediterranean countries (Gagaoua & Boudechicha, 2018). They were grouped into five categories according to their process, i) salted and/or marinated products, ii) dried products, iii) fermented semidried/dried products, iv) smoked products and v) cooked or candied products. El-Guedid is one of these ethnic products and belongs to

the category of dried products. El-Guedid, also called «el khlf», is a traditional processed meat product very widespread, especially in mountainous areas. During the religious celebration of «Aid Al Adha», each family has a large amount of meat that could not be consumed in a few days, so it is transformed in cured products, which can be stored in ambient temperature for a long time without being damaged or dangerous for the consumer health (Gagaoua & Boudechicha, 2018). El-Guedid is prepared throughout the Algerian territory from red meat: sheep and beef mainly, and in sub-dry areas from goat and camel meat. Usually, the raw meat is cut into strips, seasoned abundantly with salt and spices sometimes and either dry or brine salted (Gagaoua & Boudechicha, 2018). The meat is then exposed to the open air in a clean place until it dries completely under the sun for a period from one to several weeks (Benlacheheb et al., 2019; Essid, Ismail, Ahmed, Ghedamsi, & Hassouna, 2007; FAO, 1990). The sun-drying method is considered as a cheap way of meat conservation that could be done at the domestic or farm level for quick and uncomplicated preservation of

\* Corresponding author.

E-mail address: [samira.becila@umc.edu.dz](mailto:samira.becila@umc.edu.dz) (S. Becila).

<sup>1</sup> Postal address: INATAA, 7ème Km route Ain Smara, Constantine, 25,000, Algérie.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108277>

Received 20 December 2019; Received in revised form 9 July 2020; Accepted 7 August 2020

Available online 11 August 2020

0309-1740/ © 2020 Elsevier Ltd. All rights reserved.



large amounts of meat, which cannot be consumed immediately or stored properly. During this operation, El-Guedid reached a low water activity ( $a_w$ ) from 0.6 to 0.7 (Bennani, Zenati, Faid, & Ettayebi, 1995). In relation with this low  $a_w$  and presence of salt, staphylococci are frequently numerated (Benlacheheb et al., 2019; Bennani, Faid, & Bouseta, 2000). In Tunisian Guedid, *Staphylococcus xylosum* was isolated and was characterized for its lipolytic activity (Essid et al., 2007).

El-Guedid is preferably kept in sealed jars, sheltered from air and moisture. This way of preserving the meat gives its particular taste. During this ripening period, the product develops a strong flavor, due to lipolysis of fat and proteolysis that release fatty and amino acids, which contribute to its organoleptic quality (Bennani et al., 2000). For consumption, El-Guedid is softened and desalted by immersion in water for 24 h before using it as ingredient of several traditional dishes, such as couscous (Gagaoua & Boudechicha, 2018).

El-Guedid belongs to the wide diversity of salted/dried meat products that could be also sometimes smoked such as biltong in South Africa (Petit, Caro, Petit, Santchurn, & Collignan, 2014), kilishi in Nigeria (Kalilou, Collignan, & Zakhia, 1998), boucané in Réunion Island (Poligne, Collignan, & Trystram, 2001), kitoza in Madagascar (Ratsimba et al., 2017; Ratsimba et al., 2019), jerky in United States and charqui in South America (Pinto, Ponsano, Franco, & Shimokomaki, 2002). All these products shared low water activity, ranging from 0.60 to 0.90.

Very few studies have been conducted on Algerian traditional meat products. In this study, different El-Guedid samples, made from four meat types (sheep, beef, goat, and camel) in four different areas in Algeria in a traditional way by different producers, were characterized. The choice of the areas was made according to most consumed meat in each of them, and taking into consideration the dominant animal flock. Our objective was to study the evolution of physicochemical and microbiological characteristics of these samples during the entire conservation period of up to 1 year. Our research focused on the characterization and preservation of meat products from the Algerian terroir in order to promote their production. These products are not only a cultural asset, but also an economic resource that must be protected.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Manufacturing and sampling

El-Guedid samples were prepared from different types of raw red meats derived from beef, sheep, goat and camel in the area of Algiers, Constantine, Oum El Bouaghi and Ouargla in Algeria, respectively. For each animal species, three batches of 4 kg each were made by three different producers located in a same geographic area and produced at the same time (same day or a few days later). The samples were prepared according to the traditional manufacturing process (Fig. 1). In brief, the fresh meat was sliced into long thin pieces (3–7 cm in length, 1–2 cm in thickness), abundantly dry-salted (50 g/kg of sodium chloride), drained and then suspended for sun-drying until it was completely dried. The drying process lasted 7 days according to the outside temperature (between 15 and 20 °C). Afterward, El-Guedid was stored in jars at room temperature (mainly varying between 15 and 25 °C) in a dry place with moderate temperature fluctuations. Each batch was sampled at different times of the process: fresh meat (T0), after 1 month (T30), 3 months (T90), 6 months (T180) and one year of storage (T365). A total of 60 samples were analyzed.

### 2.2. Physicochemical analysis

Physicochemical analyses were performed on the 60 samples of El-Guedid between T0 and T365. All measurements were determined in duplicate or triplicate for each sample. The pH of the samples was measured using a pH meter (model HI 9321, Hanna Instruments) after mixing 10 g of sample in 90 mL of distilled water according to Lorenzo,



Fig. 1. Traditional Algerian diagram of preparation of El-Guedid.

García Fontán, Franco, and Carballo (2008). The sodium chloride content was calculated from the sodium concentration measured by ion chromatography as described by Mirade et al. (2020) after homogenization of 0.5 g of sample with 10 mL of ultrapure water. Moisture content (%) was determined by drying 5 g of sample in an oven at 105 °C until their weight was constant for 24 h, and then cooling it for one hour in the desiccator (Petit et al., 2014). The water activity ( $a_w$ ) of samples was measured with an AW-Sprint TH-500 (Novasina, Precisa, France). This instrument is calibrated with certified standards with the following  $a_w$  values: 0.11; 0.33; 0.53; 0.75; 0.90 and 0.98. Two to 5 g of sample in powder form were weighed and placed in the measuring cell. The equilibrium state is checked using the Ovasina Novalog software, and the  $a_w$  value recorded corresponds to the extension of the asymptote of the curve at the y-axis.

Fat content was determined according to the Soxhlet standard method adapted to meat by Komprda et al. (2012) using hexane as a solvent by percolation at 104 °C for one hour, followed by evaporation and then a desiccation. Lipid oxidation of samples was evaluated by measuring 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) according to the method of Mercier, Gatellier, Viau, Remignon, and Renere (1998). It was measured on 1 g of powdered sample prepared from 20 g of sample homogenized in liquid nitrogen into powder. The results were expressed as mg of malondialdehyde (MDA) per Kg of meat. Protein carbonyl content is used as a measure of protein oxidation and was detected by reactivity with 2, 4 dinitrophenylhydrazine (DNPH) as described by Oliver, Ahn, Moerman, Goldstein, and Stadman (1987) with slight modifications (Mercier et al., 1998). The results were expressed as nmoles of DNPH fixed per mg of protein.

### 2.3. Microbiological analysis

Twenty-five grams of each sample was transferred to 225 mL of Tryptone Water (Difco™, Becton, Dickinson and Company, Le Pont de Claix, France) and homogenized for 4 min with a Stomacher (Bagmixer 400, Interscience, Saint-Nom la Bretèche, France). Decimal dilutions in Tryptone Water were then prepared in duplicate for all samples. 1 mL or 0.1 mL aliquot of appropriate dilutions was poured or spread in duplicate onto the corresponding selective media to enumerate the microorganisms. Total aerobic counts were enumerated on Plate Count Agar (PCA, Fisher Scientific Bioblock, Illkirch, France), incubated at

# Annexes

R. Bader, et al.

Meat Science 171 (2021) 108277

**Table 1**  
Evolution of pH during the ripening of El-Guedid samples from meat of different animal species.

Meat	pH				
	T0	T30	T90	T180	T365
Sheep	6.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	6.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	6.1 ± 0.03 <sup>a</sup>	5.7 ± 0.03 <sup>b</sup>	5.2 ± 0.1 <sup>c</sup>
Beef	6.4 ± 0.03 <sup>a</sup>	6.2 ± 0.03 <sup>a,b</sup>	6.2 ± 0.03 <sup>a,b</sup>	5.9 ± 0.1 <sup>b,c</sup>	5.5 ± 0.1 <sup>c</sup>
Goat	6.3 ± 0.03 <sup>a</sup>	6.2 ± 0.03 <sup>a,b</sup>	6.0 ± 0.03 <sup>b</sup>	5.8 ± 0.03 <sup>c</sup>	5.4 ± 0.0 <sup>d</sup>
Camel	6.3 ± 0.03 <sup>a</sup>	6.2 ± 0.03 <sup>a,b</sup>	6.0 ± 0.03 <sup>b,c</sup>	5.8 ± 0.03 <sup>c</sup>	5.5 ± 0.03 <sup>d</sup>

T0, fresh cut meat. T30, T90, T180, T365: 30, 90, 180, 365 days of ripening, respectively.

Mean values ± standard errors. Different letters (<sup>a,b,c,d</sup>) within the same row indicate statistical significant difference ( $p < 0.05$ ).

30 °C for 72 h. Coliforms were enumerated on Violet Red Bile Lactose agar (VRBL, Fisher Scientific Bioblock), incubated for 24 h at 30 °C or 44 °C for total and fecal coliforms, respectively. Violet Red Bile Glucose agar (VRBG, Fisher Scientific Bioblock) was used for the enumeration of enterobacteria after incubation at 37 °C for 24 h. Lactic acid bacteria (LAB) were enumerated on Man Rogosa Sharp agar (MRS, Merck, Darmstadt, Germany) supplemented with nalidixic acid (40 mg/L) (Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany) to inhibit Gram-negative bacteria and delvolid (200 mg/L) (Gist-Brocades, Netherlands) to inhibit yeast and mould after incubation for 2–3 days at 30 °C in a jar under modified atmosphere (Anaerocult A<sup>®</sup>, Merck). Coagulase negative staphylococci (CNS) were counted on Mannitol Salt Agar (MSA, Fisher Scientific Bioblock) incubated for 24 h–48 h at 30 °C. Yeasts and molds were determined on Yeast Extract Glucose Chloramphenicol agar (YCG, Sigma-Aldrich) incubated at 25 °C during 3–5 days. *Staphylococcus aureus* was enumerated on Baird-Parker medium supplemented with Tellurite Yolk Egg (Merk) after incubation of 24 h–48 h at 37 °C. The detection of *Listeria monocytogenes* was performed from 25 g of samples, which were enriched in half-Fraser broth (Oxoid, Basingstoke, UK) for 24 h at 30 °C and then in Fraser broth (Oxoid) for 48 h at 37 °C. After both enrichments, samples were streaked onto selective Palcam agar plates (Oxoid) incubated for 24 h–48 h at 37 °C. *Salmonella* were detected by a presence-absence test. First, 25 g of samples were homogenized in 225 mL of Buffered Peptone Water (Oxoid), and incubated for 24 h at 37 °C. After incubation, 1 mL was transferred to 10 mL of Tetrathionate broth with iodine (Oxoid), and incubated at 37 °C for 24 h. Then, a loop full of broth was plated onto Hektoen medium (Merck) and incubated at 37 °C for 24 h. The presence of anaerobic sulfite-reducing bacteria (SRA) were determined in tubes. 1 mL of homogenized sample was heat-treated at 80 °C for 10 min in order to kill vegetative bacteria and then 20 mL of Meat Liver agar (Merck), cooled to 45 °C, was added. The tubes were incubated 48 h at 37 °C.

#### 2.4. Molecular identification of LAB and CNS

For each sample, 3 to 5 colonies on countable plates of MRS and MSA, representative of the different colony morphologies, were picked up and streaked over the surface of MRS and BHI (Difco<sup>™</sup>, Becton, Dickinson and Company) agar plates, respectively and incubated at 30 °C for 24 h and 48 h, respectively. One colony picked from the agar plate of each isolate was transferred in appropriate broth, MRS or BHI, and incubated. Total bacteria DNA was isolated from 1 mL of culture using the Wizard genomic DNA purification kit (Promega, Charbonnières-les-Bains, France). Two different strategies were used for screening and then identifying bacteria isolated either from MRS or from MSA medium.

DNA of the isolates from MRS medium (presumptive LAB) were subjected to randomly amplified polymorphic DNA-polymerase chain reaction fingerprint analysis using as a primer the M13 core sequence (RAPD-PCR M13) as described by Rossetti and Giraffa (2005) in order to reduce genotypic redundancy. DNA of strains representative of each fingerprint were chosen for further species-specific PCR identification targeted to 16S rRNA genes. The 16S rRNA region was amplified with

27F and 967R universal primers. The PCR products after being purified using QIAquick PCR Purification Kit (Quiagen, Courtaboeuf, France) were sequenced by Eurofins Genomics (Ebersberg, Germany). Identification was proposed from alignments searches with NCBI Nucleotide Collection NR using BLAST program (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) and with EzBioCloud 16S database (<http://eztaxon-e.ezbiocloud.net>).

DNA of the isolates from MSA medium (presumptive CNS) were subjected to multiplex PCR allowing the identification of the *Staphylococcus* genus and of the *S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *S. xylosus* and *S. aureus* species, as described by Corbière Morot-Bizot, Talon, and Leroy (2004). Then, DNA of the strains belonging to *Staphylococcus* genus but unidentified at the species level by multiplex PCR was subjected to species-specific PCR identification targeted to 16S rRNA genes as described above.

#### 2.5. Statistical analysis

The data were analyzed with R 3.6.1 (R Core Team, 2014), and first checked for normal distribution and homogeneity of variances before one-way ANOVA global analysis. The results were presented as means ± SE (standard errors). In addition, many pairwise comparisons (2 per 2) using the Student's *t*-test were realized between each time and meat type. Moreover, linear discriminant analysis (LDA) in addition to Principal Component Analysis (Dray & Dufour, 2007) was carried out in order to study the evolution and the correlation of physicochemical variables by meat type and time.

### 3. Results

#### 3.1. Evolution of physicochemical characteristics of El-Guedid samples during ripening

The results of the physicochemical analyses are shown in Tables 1–5. A significant decrease in pH was observed throughout the process for all type meats (Table 1). The amplitude in the pH drop ranged from 0.8 to 1.2 pH unit, with the lowest amplitude for the camel samples and the highest for the sheep ones. There was no significant difference between pH of the meat of different animal species whatever the time of

**Table 2**  
Sodium chloride concentrations of El-Guedid samples from meat of different animal species.

Meat	NaCl %	
	T30	T180
Sheep	6.8 ± 1.8 <sup>A,B</sup>	8.8 ± 2.9 <sup>A,C</sup>
Beef	7.9 ± 1.6 <sup>A,B</sup>	13.1 ± 2.1 <sup>A,B</sup>
Goat	15.9 ± 3.5 <sup>A</sup>	19.3 ± 1.4 <sup>B</sup>
Camel	5.2 ± 0.4 <sup>B</sup>	10.3 ± 2.8 <sup>A,C</sup>

T30, T180: 30, 180 days of ripening, respectively.

Mean values ± standard errors. Different letters (<sup>A,B,C</sup>) within the same column indicate statistical significant difference ( $p < 0.05$ ).



# Annexes

R. Bader, et al.

Meat Science 171 (2021) 108277

**Table 3**  
Evolution of moisture and water activity during the ripening of El-Guedid samples from meat of different animal species.

Meat	T0	T30	T90	T180	T365
<b>Moisture (%)</b>					
Sheep	27.9 ± 1.0 <sup>a</sup>	16.2 ± 1.0 <sup>b</sup>	15.4 ± 0.8 <sup>b</sup>	12.3 ± 0.4 <sup>b</sup>	11.8 ± 0.3 <sup>b</sup>
Beef	27.9 ± 0.7 <sup>a</sup>	18.8 ± 0.8 <sup>b</sup>	16.7 ± 0.5 <sup>b,c</sup>	14.1 ± 0.7 <sup>b,c</sup>	12.3 ± 0.4 <sup>c</sup>
Goat	27.6 ± 0.7 <sup>a</sup>	20.8 ± 1.3 <sup>b,d</sup>	16.2 ± 1.1 <sup>b,c</sup>	13.6 ± 1.0 <sup>b,c</sup>	11.3 ± 0.4 <sup>c</sup>
Camel	29.8 ± 0.6 <sup>a</sup>	25.6 ± 1.5 <sup>b,d</sup>	18.8 ± 1.2 <sup>b,c</sup>	14.8 ± 0.7 <sup>c</sup>	14.1 ± 0.5 <sup>c</sup>
<b>Water activity</b>					
Sheep	0.985 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.675 ± 0.013 <sup>b,c,A,B</sup>	0.671 ± 0.002 <sup>b,c,A,B</sup>	0.660 ± 0.045 <sup>b</sup>	0.669 ± 0.002 <sup>b</sup>
Beef	0.985 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.670 ± 0.008 <sup>b,c,A,B</sup>	0.661 ± 0.007 <sup>b,c,A,C</sup>	0.681 ± 0.017 <sup>b</sup>	0.655 ± 0.010 <sup>b</sup>
Goat	0.987 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.718 ± 0.011 <sup>b,c,A</sup>	0.705 ± 0.006 <sup>b,B</sup>	0.687 ± 0.020 <sup>b</sup>	0.687 ± 0.007 <sup>b</sup>
Camel	0.985 ± 0.002 <sup>a</sup>	0.625 ± 0.029 <sup>b,B</sup>	0.630 ± 0.014 <sup>b,C</sup>	0.623 ± 0.016 <sup>b</sup>	0.675 ± 0.017 <sup>b</sup>

T0, fresh cut meat. T30, T90, T180, T365: 30, 90, 180, 365 days of ripening, respectively. Mean values ± standard errors. Different letters (<sup>a,b,c</sup>) within the same row and/or different letters (<sup>A,B,C</sup>) within the same column indicate statistical significant difference ( $p < 0.05$ ).

ripening.

Variable concentrations of sodium chloride were analyzed at T30 and T180 between El-Guedid samples manufactured from meat of different animal species but also within samples of the same meat as shown by the high standard deviations (Table 2). This variability inside the same meat was explained by manufacturing of batches by three different small producers. This variability within and between samples explained that no clear statistical difference was observed between the types of meat and no statistical difference was found between the two ripening times.

The moisture content and the water activity of the samples decreased along the time for all the samples (Table 3). An average decrease of water content between 15.6% and 16.3% was assayed for all the samples during the ripening. A significant water loss was measured after 30 days of conservation for sheep and beef meats with 11.7% and 9.1%, respectively. While for camel and goat meats, a significant decrease in water content was noted after 90 days of ripening. Concomitantly, the water activity of the samples strongly decreased especially during the first 30 days of maturation. Very low water activities were measured at this time ranging from 0.625 to 0.718. Significant differences were only noted between the meat samples after 30 and 90 days of ripening.

Fat content was low for all raw meats (T0) of different animal species, ranging from 3.2 to 4.8 g/100 g dry matter (Table 4). Higher fat percentage was noticed for sheep and beef meats during the ripening but not for goat and camel meats certainly in relation with the loss of water. Significant differences were noted between the meats of different animal species after 90 days with sheep meat having the highest fat content at the end of ripening.

Thiobarbituric values are correlated to oxidative lipid changes of the meat samples while carbonyls are correlated to protein oxidation (Table 5). There was no effect of the origin of meat on the oxidation, whatever the ripening time. A significant increase in lipid and protein oxidation was noted for beef samples while for sheep only an increase in protein oxidation was noted.

**Table 4**  
Fat content of El-Guedid samples from meat of different animal species during the ripening.

Meat	T0	T30	T90	T180	T365
Sheep	3.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	4.1 ± 0.2 <sup>a</sup>	7.1 ± 0.2 <sup>b,A</sup>	7.5 ± 0.1 <sup>b,A</sup>	10.0 ± 0.2 <sup>c,A</sup>
Beef	3.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	4.5 ± 0.2 <sup>b,B</sup>	4.9 ± 0.2 <sup>b,c,B</sup>	6.6 ± 0.1 <sup>c,d,A</sup>	7.2 ± 0.3 <sup>d,B</sup>
Goat	4.1 ± 0.1	4.2 ± 0.1	4.7 ± 0.3 <sup>B</sup>	5.0 ± 0.2 <sup>B</sup>	5.1 ± 0.3 <sup>B</sup>
Camel	4.8 ± 0.3	4.9 ± 0.1	5.1 ± 0.3 <sup>B</sup>	5.1 ± 0.1 <sup>B</sup>	5.4 ± 0.3 <sup>B</sup>

T0, fresh cut meat. T30, T90, T180, T365: 30, 90, 180, 365 days of ripening, respectively. Mean values ± standard errors. Different letters (<sup>a,b,c</sup>) within the same row and/or different letters (<sup>A,B</sup>) within the same column indicate statistical significant difference ( $p < 0.05$ ).

**Table 5**  
Oxidation level during the ripening of El-Guedid samples from meat of different animal species.

Meat	T0	T30	T90	T180	T365
<b>Tbars (mg/MDA/Kg)</b>					
Sheep	1.1 ± 0.3	2.6 ± 1.0	3.7 ± 1.3	3.0 ± 0.6	2.4 ± 0.8
Beef	1.4 ± 0.2 <sup>b,c</sup>	2.5 ± 0.7 <sup>a,c</sup>	8.6 ± 1.8 <sup>b</sup>	3.1 ± 0.4 <sup>c</sup>	2.2 ± 0.2 <sup>c</sup>
Goat	2.7 ± 0.8	8.5 ± 1.9	7.3 ± 1.3	4.3 ± 1.4	5.2 ± 1.3
Camel	1.3 ± 0.1	6.2 ± 2.9	3.0 ± 0.1	2.2 ± 0.6	3.5 ± 0.7
<b>Carbonyls (nmol/mg protein)</b>					
Sheep	6.1 ± 0.8 <sup>a</sup>	ND	ND	ND	9.9 ± 0.6 <sup>b</sup>
Beef	5.7 ± 0.5 <sup>a</sup>	ND	ND	ND	8.5 ± 0.4 <sup>b</sup>
Goat	4.0 ± 0.7	ND	ND	ND	7.3 ± 1.2
Camel	5.7 ± 0.9	ND	ND	ND	8.2 ± 0.5

T0, fresh cut meat. T30, T90, T180, T365: 30, 90, 180, 365 days of ripening, respectively. ND: not determined. Mean values ± standard errors. Different letters (<sup>a,b,c</sup>) within the same row indicate statistical significant difference ( $p < 0.05$ ).

Three linear discriminant analyses (LDA) were carried out to illustrate the effect of origin of meat (camel, beef, goat, sheep) and of ripening (T0, T180, T365) on the physicochemical characteristics of El-Guedid.

At T0, the first two main components explained 98.7% of the total variance with 56.9% for the first and 41.8% for the second one (Fig. 2A). The four meats were distinguished. The first component separated the goat meat from the other three because of its higher lipid oxidation and its lower water content and pH. The second component separated the other three meats essentially on their lipid content, camel meat having the highest content, beef the lowest and sheep the intermediate level.

After 180 days of ripening, LDA analysis showed that the four meats were also discriminated, the first two components accounting for 88.3% of the variance (Fig. 2B). The first axis distinguished goat and camel meats from beef and sheep in terms of lipid content, with beef having an intermediate level and sheep the highest. The second axis separated

# Annexes

R. Bader, et al.

Meat Science 171 (2021) 108277

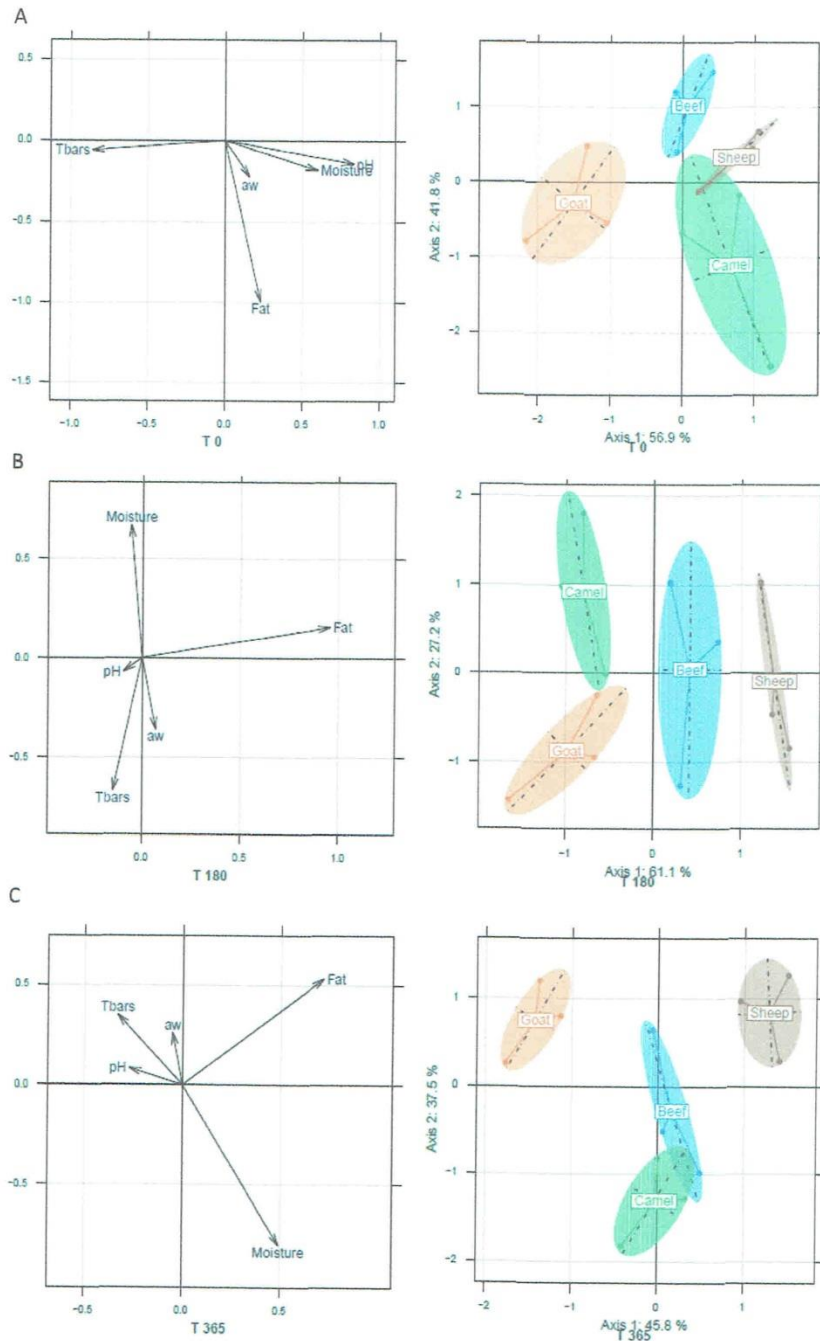


Fig. 2. Linear discriminant analysis showing the evolution and the correlation of physicochemical variables by meat type (sheep, beef, goat and camel) and time (A: T0, fresh meat, B: T180 days, C: T365 days).

5



the meats according to their moisture and their lipid oxidation. Camel meat was distinguished from goat by its higher water content and lower lipid oxidation.

At the end of conservation (365 days), LDA analysis distinguished the four meats, with the first two components accounting for 83.3% of the variance (Fig. 2C). In axis 1, the meats were again separated according to their lipid content, the sheep meat having the highest content and the goat the lowest content. They were also separated by their moisture with camel meat being the wettest followed by beef. Goat meat was characterized by the highest lipid oxidation.

### 3.2. Microbial characteristics of El-Guedid samples during ripening

Microbial analyses were realized on the 60 samples, from sliced fresh meat (T0) to one year of conservation (T365). Enterobacteria, which can be considered as indicators of environmental and/or fecal contamination, were enumerated in all the fresh meat samples (12/12) regardless of the animal species of origin. Their mean counts were  $2.0 \pm 1.0$  log CFU/g. From 30 days until the end of storage, all the samples, but two from sheep meat at 30 days ( $1.5$  and  $3.0$  log CFU/g, respectively), were below the detection threshold ( $< 1$  log CFU/g). Coliforms were below the detection threshold ( $< 1$  log CFU/g) for all the samples even those of sliced fresh meat. *Listeria*, *Salmonella* and SRA were never detected. Among the bacteria representing a potential risk to consumers, *S. aureus* was only found in a few samples from sheep and beef meats. Indeed, *S. aureus* was detected in the sliced fresh meat of one ovine batch and one beef batch ( $2.6 \pm 0.3$  log CFU/g). It persisted up to one month of ripening in these two batches and became below the detection threshold after ( $< 10$  log CFU/g). Yeasts and molds contaminated all samples of sliced fresh meat at average level of  $3.0 \pm 0.7$  log CFU/g. This level remained constant at T30 for the samples from sheep and beef meat ( $2.7 \pm 0.7$  log CFU/g) and then was below the detection threshold ( $< 10$  log CFU/g). For the samples from goat and camel meat, yeasts and molds were below the detection threshold from T30.

Total aerobic counts were on average  $4.7 \pm 1.4$  log CFU/g for all the samples from T0 to T90. They decreased drastically at T180 to reach the detection threshold ( $1$  to  $1.2$  log CFU/g). They were below the detection threshold at T365. LAB and CNS were present in all the samples from T0 to T365. The mean counts of LAB were  $6.0 \pm 0.8$  log CFU/g for the samples at T0 and decreased gradually during the ripening to reach  $2.4 \pm 0.7$  log CFU/g whatever the animal species of origin of the meat (Fig. 3). The mean counts of CNS were  $4.3 \pm 1.4$  log CFU/g for the samples at T0, increased slightly to reach  $5.6 \pm 1.1$  log CFU/g at T30 and then decreased gradually during the storage to reach  $2.3 \pm 0.8$  log CFU/g whatever the animal species of origin of the meat (Fig. 4).

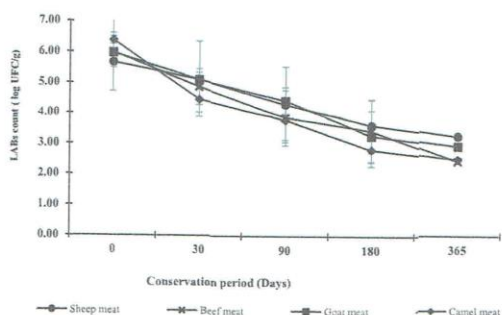


Fig. 3. Evolution of lactic acid bacterial (LAB) population in the meat samples of different animal species during the ripening process of El-Guedid.

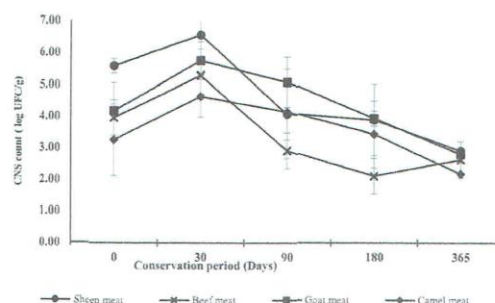


Fig. 4. Evolution of coagulase negative staphylococci (CNS) population in the meat samples of different animal species during the ripening process of El-Guedid.

A total of 160 isolates from MRS were subjected to RAPD-PCR M13. These analyses revealed a high diversity with 110 different profiles. Among the 148 isolates, one isolate representative of each profile and 2 to 3 isolates for the dominant profiles were identified after 16S rDNA gene sequencing. Among them, 132 isolates belonged to the LAB group and were identified as belonging to 7 genera: *Leuconostoc* (40), *Lactobacillus* (35), *Enterococcus* (20), *Weissella* (23), *Lactococcus* (11), *Pediococcus* (2), *P. pentosaceus*, and *Streptococcus* (1, *S. parauberis*). Of 40 *Leuconostoc*, 39 were identified as *L. mesenteroides* and 1 as *L. citreum*. Of 35 lactobacilli, 29 were identified as *L. sakei* and 6 as *L. curvatus*. In all the samples, whatever the animal species of origin of the meat, two species were concomitantly present, *L. mesenteroides* and *L. sakei*, from sliced fresh meat to T365. The other genera identified were sporadically isolated. Of 20 enterococci, 15 were identified as *E. hirae*, 3 as *E. faecalis* and 2 as *E. thailandicus*. They were present in a few samples of sheep, beef and goat meat at T90 and T365. A high species diversity was found in the *Weissella* genus with 6 species identified: *W. viridescens* (12), *W. cibaria* (3), *W. thailandensis* (3), *W. hellenica* (2), *W. paramesenteroides* (2) and *W. confusa* (1). They were present in some samples at different times and whatever the animal species of origin of the meat. Of 11 lactococci, 9 were identified as *L. garvieae* and 2 as *L. formosensis*. *L. garvieae* was only detected in the fresh samples from sheep and beef meat.

Sixteen isolates from MRS were identified as belonging to *Staphylococcus* species: *S. saprophyticus* (10), *S. epidermidis* (2), *S. pasteurii* (1), *S. hominis* (2) and *S. capitis* (1). Furthermore, 144 isolates from MSA were submitted to staphylococcal specific multiplex PCR. All the isolates were identified as belonging to the genus *Staphylococcus*, showing the population enumerated on MSA was largely dominated by staphylococci. Among them, 124 isolates belonged to *S. saprophyticus*, 4 to *S. epidermidis* and 2 to *S. xylosum*. The 14 remaining isolates were identified after 16S rDNA gene sequencing and belonged to *S. pasteurii* (5), *S. hominis* (4), *S. capitis* (3) and *S. cohnii* (2). From all samples, a total of 160 isolates of staphylococci was identified. Seven species of staphylococci were identified but *S. saprophyticus* was largely dominant (84%). *S. saprophyticus* was present in all samples from sliced fresh meat to T365, whatever the animal species of origin of the meat. The remaining species identified were only sporadically isolated. *S. epidermidis* was only present in fresh meat samples and was not detected thereafter.

### 4. Discussion

El-Guedid with a water activity ranging from 0.66 to 0.68 and a salt content from 8.8 to 19.3% can be classified as dry product. While kitozo and lacon, two other salted dried meat products, showing high water activity (0.83 to 0.90) and low salt content (2.4 to 4.0%) can be considered as moist products (Lorenzo et al., 2015; Ratsimba et al., 2019).



Finally, a third category of intermediate moisture products can be defined for charqui, jerky and dry cured ham ( $a_w$  ranging from 0.70 to 0.83) (Marušić, Vidaček, Jančić, Tomislav Petrak, & Medić, 2014; Pinto et al., 2002; Yang, Hwang, Joo, & Park, 2009).

The initial pH values (pH 6.3–6.4) of the fresh meats from different animal origins in this study were close to those found by Benlacheheb et al. (2019) in fresh lamb meat. These values decreased during the ripening reaching final values of 5.2 to 5.5, regardless the meat used. These results can be explained by the accumulation of lactic acid produced by lactic acid bacteria during the ripening process. Similar pH range was found for dry biltong, or Tunisian kaddid (Petit et al., 2014; Zaier, Essid, Chabbouh, Bellagha, & Sahli, 2011). But our values were different to the ones found by Bennani et al. (2000) in the Moroccan kaddid (pH = 4.5). For moist biltong, some kitoza products, dry salted goat meats and pork lăcon, pH of 6.0 or up to 6.4 were measured (Marra, Salgado, Prieto, & Carballo, 1999; Petit et al., 2014; Rahman et al., 2005; Ratsimba et al., 2019).

Salt has several roles in the final quality of the meat product, having an effect on microbiological, physicochemical and sensory characteristics (Toldra, F., 2002). Its main role is food preservation by the reduction of water activity, but it also has remarkable effects on the solubility and degradation of myofibrillar proteins (Chabbouh, Ahmed, Farhat, Sahli, & Bellagha, 2012), and promotes the growth of halotolerant and/or halophilic microorganisms besides the inhibition of pathogen agents. Salt contents of our El-Guedid samples (beef, sheep and camel meat) were consistent with previously published data where the salt content was between 7.4 and 12.4% for Moroccan dried salted meat (Bennani et al., 1995); and our goat samples were close to lăcon and charqui with high level, 16.2 and 15.5%, respectively. While our samples contain more NaCl than other similar meat products, namely kitoza (2.6–4.1%), kundi (0.5%), and biltong (4.8–6.8%) (Ratsimba et al., 2017; Alonge, 1987). It should be noted that before its consumption, El-Guedid must be desalinated in water for 24 h, to reduce salt level.

Lipid content of El-Guedid varied according to the origin of meat, with sheep meat having the highest lipid content at the end of the conservation with 10 g/100 g of dry matter. The lipid content of the three other El-Guedid from beef, goat and camel meats (5.1 to 7.2 g/100 g dry matter) was in the same order as that of kitoza (7.1 g/100 g of dry matter), and those of salted dried goat meats (3.5 to 4.4 g/100 g of dry matter) (Rahman et al., 2005; Ratsimba et al., 2019). Lipid oxidation was measured for all El-Guedid during the process, whatever the meat origin, the TBARS values ranging from 2.2 to 5.2 mg MDA/kg at the end of the storage were close to that of pork and beef kitoza (3.5–3.7 mg MDA/kg) (Ratsimba et al., 2019). Higher TBARS values between 6 and 7 mg MDA/kg were recorded for pork jerky samples compared to beef ones (3.5 mg MDA/kg) (Yang et al., 2009). Several studies showed that salt content might have a pro-oxidant effect toward lipids, which is due to the inhibitory action of salt on the antioxidant enzymes (catalase, superoxide dismutase and glutathione peroxidase) (Devatkal & Naveena, 2010; Gheisari & Motamedi, 2010; Hernandez, Park, & Rhee, 2002; Lee, Mei, & Decker, 1997; O'Neill, Galvin, Morrissey, & Buckley, 1999). These enzymes in meat prevent the action of free radicals or the peroxidation products on lipids. Salt can also contain traces of heavy metals, which may participate in oxidation.

The carbonyl values of our samples are correlated with the oxidation of proteins. Salting and drying steps can have a marked effect on the oxidation of proteins in meat products (Bombrun, Gatellier, Carlier, & Kondjoyan, 2014; Estévez, 2011). Addition of NaCl affected ionic strength and therefore biochemical reactions such as the protein oxidation. According to Montero, Giménez, Pérez-Mateos, and Gómez-Guillén (2005), NaCl affected the degree of assembly of myofibrillar proteins and their sensitivity to carbonylation. The pH drop has been shown to affect the oxidation of proteins in meat (Srinivasan, Xiong, & Decker, 1996). The carbonyl contents measured on El-Guedid samples from meat of different animal ranged from 4.0 to 6.1 nmol/mg protein

in sliced fresh meat, to reach higher levels at the end of the ripening process with 7.3 to 9.9 nmol/mg protein. These values were close to those found by Estévez, Ventanas, and Cava (2007) in Frankfurt sausages (5.5–6.5 nmol/mg protein). Armenteros, Aristoy, Barat, and Toldrá (2009) reported carbonyl levels of different meat products close to our results, namely: dry ham; dried loin; dried sausage with 8.0, 8.0 and 9.0 nmol/mg protein, respectively.

Several studies have assessed the microbiology of different types of dried salted products. In our study the initial contamination (total aerobic counts) of the sliced fresh meat from different animal species was about 5 log CFU/g. This level agreed with the one already found for fresh sheep meat (Benlacheheb et al., 2019) and from fresh beef (Pinto et al., 2002) but was one log lower to the one found in raw pork meat (Lorenzo et al., 2015) and goat meat (Rahman et al., 2005). The total counts remained stable up to 90 days and then decreased along the process in the four El-Guedid studied. Enterobacteria, yeasts and molds were at low levels while lactic acid bacteria and staphylococci were the dominant population. All these populations decreased along the process and reached very low levels at the end of storage (365 days). These low levels (2 log CFU/g) in all the microbiota were already mentioned for kaddid manufactured from sheep in Morocco (Bennani et al., 2000). Several surveys on biltong revealed that high levels of microorganisms were observed with levels of total counts ranging from 6 to 7 log CFU/g, of enterobacteria from 3 to 4 log CFU/g, of yeasts from 2 to 7 CFU/g, of lactic acid bacteria as high as 8 log CFU/g and staphylococci from 4 to 8.5 log CFU/g (Naidoo & Lindsay, 2010a, 2010b). For Khliia Ezir, a traditional cured meat product of Algeria, the total count remained at an average of 4 log CFU/g during the process and lactic acid bacteria constituted the dominant microbiota (Boudechicha et al., 2017).

Pathogenic bacteria can also occasionally be detected in dry salted meat products. In our study, *L. monocytogenes* and *Salmonella* were not detected while *S. aureus* was episodically detected (2.6 log CFU/g), and became below the detection threshold after one month of ripening in all El-Guedid. In fact, most of the dry meat products showed similar profile with absence of *Salmonella*, very few samples contaminated by *Listeria* and samples often contaminated by *S. aureus* with variable levels ranging from 2.0 to 4.5 log CFU/g (Menéndez, Rendueles, Sanz, Santos, & García-Fernández, 2018; Naidoo & Lindsay, 2010a, 2010b; Ratsimba et al., 2017, 2019).

As coagulase negative staphylococci and lactic acid bacteria were the dominant populations in all the four El-Guedid studied, we identified the species. We found that the species *S. saprophyticus* was dominant in all the steps of manufacturing of the four El-Guedid. This dominance was already noticed in Kitoza a salted sun-dried meat product from pork or beef (Ratsimba et al., 2017). It was also one of the main species isolated throughout the manufacturing of dry-cured lăcon (Vilar, García Fontan, Prieto, Tornadillo, & Carballo, 2000) and in traditional fermented sausages (Coton et al., 2010; García Fontan, Lorenzo, Martínez, Franco, & Carballo, 2007; Mauriello, Casaburi, Blaiotta, & Villani, 2004; Talon & Leroy, 2011). Seventeen species of LAB were identified highlighting a high diversity in the four El-Guedid studied. They belonged to the main LAB genera identified from fermented dry sausages, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconococ*, *Weissella* and *Enterococcus* (Albano et al., 2009; Ammor & Mayo, 2007). Among these LAB, *L. mesenteroides* (30%) and *L. sakei* (22%) constituted the dominant microbiota throughout the process of the four El-Guedid. *L. sakei* is acknowledged as the most prevailing species in the microbiota of both fresh packaged meat products and traditionally fermented meat (Najjari, Ouzari, Boudabous, & Zagorec, 2008; Bonomo, Ricciardi, Zotta, Parente, & Salzano, 2008; Di cagno, Lopez, & Tofalo, 2008; Coccolin, & Ercolini, D. (Eds.), 2007; García Fontan et al., 2007; Ferreira, Barbosa, & Silva, 2007; Leroy, Lebert, & Talon, 2015). *L. mesenteroides* is often identified in fresh packaged meats and could be responsible for spoilage (Pothakos, Devlieghere, Villani, Björkroth, & Ercolini, 2015) but is less frequently isolated in fermented meat products (Leroy et al., 2015). *L. sakei* and *L. mesenteroides* can produce



bacteriocins that could contribute to the safety of the products (Benmecherhene et al., 2014; Leroy, Lievens, & De Vuyst, 2005). *Weissella* (17%) with *W. viridescens* (9%) and *Enterococcus* (15%) with *E. hirae* (11%) were the two subdominant populations in El-Guedid. Bacteria of the genus *Weissella* inhabit a variety of ecological niches including plants and vegetables and a variety of fermented foods with *W. viridescens* mainly associated with meat and meat products (Fusco et al., 2015). *E. hirae* represented 10% of the enterococcal isolates from Tunisian fresh red meat sheep and beef and was found in sausage, ham and minced meat in retail outlets in Germany (Klibi et al., 2013; Peters, Mac, Wichmann-Schauer, Klein, & Ellerbroek, 2003). All these dominant LAB bacteria share the property to grow in the presence of salt (Marceau, Zagorec, & Champomier-Vergés, 2003; Franz, Stiles, Schleiher, & Holzappel, 2003; Fusco et al., 2015).

This study is the first one where El-Guedid was characterized considering products from different animal origin and all the time of conservation. In conclusion, El-Guedid is a safe traditional meat product that responds to the criteria of sustainability.

#### Declaration of Competing Interest

The authors declare no conflict of interests.

#### Acknowledgement

This work is a collaboration between INATAA- Constantine in Algeria and INRAE- Clermont-Ferrand in France in the context of the thesis of Roumeila Bader. We are grateful to households that participated in the elaboration of all the samples, to Jean-paul Chacornac and Carine Andant for their assistance in laboratory in INRAE, UMR MEDIS, and to Claude Ferreira and Laurent Aubry in INRAE, UR QuaPA for their contribution. Finally, a special gratitude to the Algerian Ministry of Higher Education and Scientific Research for the attribution of a scholarship within the French-Algerian cooperation program : PROFAS B+ (B/COOPERATION).

#### References

- FAO (1990). Manual of simple methods of meat preservation. *FAO Animal Production and Health Paper No. 79*. Rome: FAO.
- Albano, H., van Reenen, C. A., Todorov, S. D., Cruz, D., Praga, I., Hogg, T., & Teixeira, P. (2009). Phenotypic and genetic heterogeneity of lactic acid bacteria isolated from "Alheira", a traditional fermented sausage produced in Portugal. *Meat Science*, 82(3), 389–398. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.02.009>.
- Alonge, D. O. (1987). Factors affecting the quality of smoke-dried meats in Nigeria. *Acta Alimentaria*, 16(3), 263–270.
- Ammor, M. S., & Mayo, B. (2007). Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: An update. *Meat Science*, 76(1), 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.10.022>.
- Armenteros, M., Aristoy, M. C., Barat, J. M., & Toldrá, F. (2009). Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl. *Food Chemistry*, 117(4), 627–633. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.056>.
- Benlacheh, R., Becla, S., Sentandreu, M. A., Hafid, K., Boudechicha, H. R., & Boudjellal, A. (2019). El Gueddid, a traditional Algerian dried salted meat: Physicochemical, microbiological characteristics and proteolysis intensity during its manufacturing process and ripening. *Food Science and Technology International*, 25(4), 347–355. <https://doi.org/10.1177/1082013219825892>.
- Benmecherhene, Z., Fernández-No, I., Quintela-Baluja, M., Böhme, K., Kihal, M., Galo-Mata, P., & Barros-Velázquez, J. (2014). Genomic and proteomic characterization of bacteriocin-producing *Leuconostoc mesenteroides* strains isolated from raw camel milk in two southwest Algerian arid zones. *BioMed Research International*, 2014, 853238. <https://doi.org/10.1155/2014/853238>.
- Bennani, L., Faid, M., & Bousseta, A. (2000). Experimental manufacturing of kaddid, a salted dried meat product: Control of the microorganisms. *European Food Research and Technology*, 21(3), 153–157. <https://doi.org/10.1007/s002170050001>.
- Bennani, L., Zenati, Y., Faid, M., & Etayebi, M. (1995). Physico-chemical and microbiological characteristics of a dried salted meat product (Kaddid) in Morocco. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 201(6), 528–532. <https://doi.org/10.1007/BF01201577>.
- Bombrun, L., Gatellier, P., Cartier, M., & Kondjoyan, A. (2014). The effects of low salt concentrations on the mechanism of adhesion between two pieces of pork semi-membranosus muscle following tumbling and cooking. *Meat Science*, 96(1), 5–13.
- Bonomo, M. G., Ricciardi, A., Zotta, T., Parente, E., & Salzano, G. (2008). Molecular and technological characterization of lactic acid bacteria from traditional fermented sausages of Basilicata region (southern Italy). *Meat Science*, 80(4), 1238–1248. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.032>.
- Boudechicha, H. R., Nasri, L., Bennaceur, Z., Sellama, M., Hafid, K., Boudjellal, A., & Gagoua, M. (2017). Microbiological changes during the preparation steps of Khliia Ezir: A traditional cured meat product of Algeria. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*, 4(6), 1–5. <https://doi.org/10.15761/IFNM.1300199>.
- Chabbouh, M., Ahmed, S. B. H., Farhat, A., Sahli, A., & Bellagha, S. (2012). Studies on the salting step of Tunisian kaddid meat: Experimental kinetics, modeling and quality. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5), 1882–1895. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0635-2>.
- Cocolini, L., & Ercolini, D. (Eds.). (2007). *Molecular techniques in the microbial ecology of fermented foods*. 2007Springer Science & Business Media <https://doi.org/10.1007/978-0-387-74520-6>.
- Corbière Morot-Bizot, S., Talon, R., & Leroy, S. (2004). Development of a multiplex PCR for the identification of *Staphylococcus* genus and four staphylococcal species isolated from food. *Journal of Applied Microbiology*, 97, 1087–1094. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02399.x>.
- Core Team, R. (2014). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- Coton, E., Desmonts, M. H., Leroy, S., Coton, M., Jamet, E., Christiaens, S., ... Talon, R. (2010). Biodiversity of coagulase-negative staphylococci in French cheeses, dry fermented sausages, processing environments and clinical samples. *International Journal of Food Microbiology*, 137, 221–229. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.11.023>.
- Devatkal, S. K., & Naveena, B. (2010). Effect of salt, kinnow and pomegranate fruit by-product powders on color and oxidative stability of raw ground goat meat during refrigerated storage. *Meat Science*, 85(2), 306–311. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.01.019>.
- Di cagno, R., Lopez, C. C., & Tofalo, R. (2008). Comparison of the compositional, microbiological, biochemical and volatile profile characteristics of three Italian PDO fermented sausages. *Meat Science*, 79(2), 224–235. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.09.005>.
- Dray, S., & Dufour, A. (2007). The ade4 package: Implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*, 22(4), 1–20. <https://doi.org/10.18637/jss.v022.i04>.
- Essid, I., Ismail, H. B., Ahmed, S. B. H., Ghedamsi, R., & Hassouna, M. (2007). Characterization and technological properties of *Staphylococcus xylosum* strains isolated from a Tunisian traditional salted meat. *Meat Science*, 77(2), 204–212. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.003>.
- Estévez, M. (2011). Protein carbonyls in meat systems: A review. *Meat Science*, 89(3), 259–279. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.025>.
- Estévez, M., Ventanas, S., & Cava, R. (2007). Oxidation of lipids and proteins in frankfurters with different fatty acid compositions and tocopherol and phenolic contents. *Food Chemistry*, 100, 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.009>.
- Ferreira, V., Barbosa, J., & Silva, J. (2007). Characterisation of alheiras, traditional sausages produced in the north of Portugal, with respect to their microbiological safety. *Food Control*, 18, 436–440. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.11.011>.
- Fusco, V., Quero, G. M., Cho, G.-S., Kabisch, J., Meske, D., Neve, H., ... Franz, C. M. A. P. (2015). The genus *Weissella*: Taxonomy, ecology and biotechnological potential. *Frontiers in Microbiology*, 6, 155. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00155>.
- Gagoua, M., & Boudechicha, H. R. (2018). Ethnic meat products of the North Africa and Mediterranean countries: An overview. *Journal of Ethnic Foods*, 5(2), 83–98. <https://doi.org/10.1016/j.jef.2018.02.004>.
- García Fontan, M. C., Lorenzo, J. M., Martínez, S., Franco, I., & Carballo, J. (2007). Microbiological characteristics of Botillo, a Spanish traditional pork sausage. *LWT - Food Science and Technology*, 40, 1610–1622. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.10.007>.
- Gheisari, H. R., & Motamedi, H. (2010). Chloride salt type/ionic strength and refrigeration effects on antioxidant enzymes and lipid oxidation in cattle, camel and chicken meat. *Meat Science*, 86(2), 377–383. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.020>.
- Hernandez, P., Park, D., & Rhee, K. S. (2002). Chloride salt type/ionic strength, muscle site and refrigeration effects on antioxidant enzymes and lipid oxidation in pork. *Meat Science*, 61(4), 405–410. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00212-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00212-1).
- Kalliou, S., Collignan, A., & Zakhia, N. (1998). Optimizing the traditional processing of beef into Kilishi. *Meat Science*, 50(1), 21–32. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00012-6).
- Klibi, N., Ben Said, L., Jouini, A., Ben Slama, K., López, M., Ben Sallem, R., ... Torres, C. (2013). Species distribution, antibiotic resistance and virulence traits in enterococci from meat in Tunisia. *Meat Science*, 93(3), 675–680. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.020>.
- Komprda, T., Kuchtik, J., Jarosova, A., Drackova, E., Zemanek, L., & Filipcik, B. (2012). Meat quality characteristics of lambs of three organically raised breeds. *Meat Science*, 91(4), 499–505. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.004>.
- Lee, S. K., Mei, L., & Decker, E. A. (1997). Influence of sodium chloride on antioxidant enzyme activity and lipid oxidation in frozen ground pork. *Meat Science*, 46(4), 349–355. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00029-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00029-6).
- Leroy, S., Lebert, L., & Talon, R. (2015). Microorganisms in traditional fermented meats. *Fermented meat products and role of starter culture*. In F. Toldra (Ed.), *Handbook of fermented meat and poultry* (pp. 99–105). (2nd ed.). chapter 12.
- Leroy, F., Lievens, K., & De Vuyst, L. (2005). Modeling Bacteriocin resistance and inactivation of *Listeria innocua* LMG 13568 by *Lactobacillus sakei* CTC 494 under sausage fermentation conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(11), 7567–7570. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.11.7567-7570.2005>.
- Lorenzo, J. M., Bermúdez, R., Domínguez, R., Guiotto, A., Franco, D., & Purriños, L. (2015). Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured Iacon salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a part

- replacement for sodium chloride. *Food Control*, 50, 763–769. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.10.019>.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.12.005>.
- Marceau, A., Zagorec, M., & Champomier-Vergés, M. C. (2003). Positive effects of growth at suboptimal temperature and high salt concentration on long-term survival of *Lactobacillus sakei*. *Research in Microbiology*, 154, 37–42. [https://doi.org/10.1016/S0923-2508\(02\)00010-4](https://doi.org/10.1016/S0923-2508(02)00010-4).
- Marra, A. I., Salgado, A., Prieto, B., & Carballo, J. (1999). Biochemical characteristics of dry-cured lacón. *Food Chemistry*, 67, 33–37. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00104-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00104-1).
- Marušić, N., Vidaček, S., Jančić, T., Tomislav Petrak, T., & Medić, H. (2014). Determination of volatile compounds and quality parameters of traditional Istrian dry-cured ham. *Meat Science*, 96(4), 1409–1416. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.12.003>.
- Mauriello, G., Casaburi, A., Bliotta, G., & Villani, F. (2004). Isolation and technological properties of coagulase negative staphylococci from fermented sausages of southern Italy. *Meat Science*, 67, 149–158. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.10.003>.
- Menéndez, R. A., Rendueles, E., Sanz, J. J., Santos, J. A., & García-Fernández, M. C. (2018). Physicochemical and microbiological characteristics of diverse Spanish cured meat products. *CyTA-Journal of Food*, 16, 199–204. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1379560>.
- Mercier, Y., Gatellier, P., Viau, M., Remignon, H., & Renner, M. (1998). Effect of dietary fat and vitamin E on colour stability and on lipid and protein oxidation in Turkey meat during storage. *Meat Science*, 48(3–4), 301–318. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00113-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00113-7).
- Mirade, P. S., Portanguen, S., Sicard, J., De Souza, J., Musavu Ndob, A., Hoffman, L. C., ... Collignan, A. (2020). Impact of tumbling operating parameters on salt, water and acetic acid transfers during biltong-type meat processing. *Journal of Food Engineering*, 265(109686), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109686>.
- Montero, P., Giménez, B., Pérez-Mateos, M., & Gómez-Guillén, M. C. (2005). Oxidation stability of muscle with quercetin and rosemary during thermal and high-pressure gelation. *Food Chemistry*, 93(1), 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.08.038>.
- Naidoo, K., & Lindsay, D. (2010a). Survival of *Listeria monocytogenes*, and enterotoxin-producing *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus pasteurii*, during two types of biltong-manufacturing processes. *Food Control*, 21(7), 1042–1050. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.12.025>.
- Naidoo, K., & Lindsay, D. (2010b). Pathogens associated with biltong product and their in vitro survival of hurdles used during production. *Food Protection Trends*, 30(9), 532–538.
- Najjari, A., Ouzari, H., Boudabous, A., & Zagorec, M. (2008). Method for reliable isolation of *Lactobacillus sakei* strains originating from Tunisian seafood and meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 121, 342–351. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.045>.
- Oliver, C. N., Ahn, B., Moerman, E. J., Goldstein, S., & Stadtman, E. R. (1987). Age related changes in oxidized proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 262(12), 5488–5491. <https://doi.org/10.1074/jbc.262.12.5488>.
- O'Neill, L. M., Galvin, K., Morrissey, P. A., & Buckley, D. J. (1999). Effect of carnosine, salt and dietary vitamin E on the oxidative stability of chicken meat. *Meat Science*, 52(1), 89–94. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00152-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00152-1).
- Peters, J., Mac, K., Wichmann-Schauer, H., Klein, G., & Ellerbroek, I. (2003). Species distribution and antibiotic resistance patterns of enterococci isolated from food of animal origin in Germany. *International Journal of Food Microbiology*, 88, 311–314. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00193-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00193-4).
- Petit, T., Caro, Y., Petit, A. S., Santchurn, S. J., & Collignan, A. (2014). Physicochemical and microbiological characteristics of biltong, a traditional salted dried meat of South Africa. *Meat Science*, 96(3), 1313–1317. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.003>.
- Pinto, M. F., Ponsano, E. H. G., Franco, B. D. G. D. M., & Shimokomaki, M. (2002). Charqui meats as fermented meat products: Role of bacteria for some sensorial properties development. *Meat Science*, 61(2), 187–191. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00184-x](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00184-x).
- Poligne, I., Collignan, A., & Trystram, G. (2001). Characterization of traditional processing of pork meat into boucan. *Meat Science*, 59(4), 377–389. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00090-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00090-0).
- Pothakos, V., Devlieghere, F., Villani, F., Björkroth, J., & Ercolini, D. (2015). Lactic acid bacteria and their controversial role in fresh meat spoilage. *Meat Science*, 109(2015), 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.04.014>.
- Rahman, M. S., Salman, Z., Kadim, I. T., Mothershaw, A., Al-Rizqi, M. H., Guizani, N., ... Ali, A. (2005). Microbial and physico-chemical characteristics of dried meat processed by different methods. *International Journal of Food Engineering*, 1, 1–14. <https://doi.org/10.2202/1556-3758.1016>.
- Raisimba, A., Leroy, S., Chacornac, J. P., Rakoto, D., Arnaud, E., Jeannoda, V., & Talon, R. (2017). Staphylococcal ecosystem of Kitoza, a traditional Malagasy meat product. *International Journal of Food Microbiology*, 2017(246), 20–24. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.02.001>.
- Raisimba, A., Rakoto, D., Jeannoda, V., Andriamantpanina, H., Talon, R., Leroy, S., ... Arnaud, E. (2019). Physicochemical and microbiological characteristics of kitoza, a traditional salted/dried/smoked meat product of Madagascar. *Food Science & Nutrition*, 7(8), 2666–2673. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1122>.
- Rossetti, L., & Giraffa, G. (2005). Rapid identification of dairy lactic acid bacteria by M13-generated, RAPD-PCR fingerprint databases. *Journal of Microbiological Methods*, 63, 135–144. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2005.03.001>.
- Srinivasan, S., Xiong, Y. L., & Decker, E. A. (1996). Inhibition of protein and lipid oxidation in beef heart surimi-like material by antioxidants and combinations of pH, NaCl, and buffer type in the washing media. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 119–125. <https://doi.org/10.1021/jf950385i>.
- Franz, C. M. A. P., Stiles, M. E., Schleifer, K. H., & Holzapfel, W. H. (2003). Enterococci in foods – a conundrum for food safety. *International Journal of Food Microbiology*, 88, 105–122. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00174-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00174-0).
- Talon, R., & Leroy, S. (2011). Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentations. *Meat Science*, 89(3), 303–309. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.029>.
- Toldra, F. (2002). Manufacturing of dry-cured ham. *Dry-cured meat products* (pp. 27–62). Trumbull, Connecticut, USA: Food & Nutrition Press Inc.
- Vilar, I., García Fontán, M. C., Prieto, B., Tornadizo, M. E., & Carballo, J. (2000). A survey on the microbiological changes during the manufacture of dry-cured lacón, a Spanish traditional meat product. *Journal of Applied Microbiology*, 89, 1018–1026. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.01210.x>.
- Yang, H. S., Hwang, Y. H., Joo, S. T., & Park, G. B. (2009). The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky. *Meat Science*, 82(3), 289–294. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.029>.
- Zaier, A., Essid, I., Chabbouh, M., Bellagha, S., & Sahli, A. (2011). *Physico-chemical and microbial characteristics of traditional and industrial kaddid*. Palma, Balearic Island, Spain: European Drying Conference.



L. Bennani · M. Faid · A. Bouseta

## Experimental manufacturing of kaddid, a salted dried meat product: control of the microorganisms

Received: 30 March 1999 / Revised version: 6 August 1999

**Abstract** Trials of *kaddid* making were carried out in the laboratory by the traditional procedure. Batches of 6 kg each of sheep fresh meat were purchased directly from the slaughterhouse. The meats were sliced, salted, spiced and exposed to the sun for drying. The batches were sampled at different times to follow up the microbiological and physico-chemical properties. Determinations included the standard plate count, total and fecal coliforms, enterococci, staphylococci, *Salmonella* and *Clostridium* for the former and moisture, water activity, chlorides, total nitrogen, non protein nitrogen (NPN), total volatile nitrogen, fat content and the acid degree value (ADV) for the latter. Results indicated a considerable decrease in the moisture. The NPN increased slightly but the TVN did not show any change. The most relevant change was that of the ADV of fat. The microbiological characteristics showed a sharp increase during the first phase before salting and then a rapid decrease to low levels. Numbers were stabilized at less than 1 colony forming unit (cfu)/g for coliforms and enterococci and to around 100 cfu/g for staphylococci after 15–17 days drying. The same decreasing pattern was also observed for lipolytics and proteolytics.

**Key words** Meat · Dehydration · Hygiene · Salting · *Kaddid*

### Introduction

Man has long preserved perishable food products during high production periods to be used in periods of

shortage. The art of preserving meat by salting and sun drying is a practice dating back several centuries in the Middle East and southern Asia, where temperatures are higher and refrigeration was unknown. So, salting and drying were the only known methods of preserving food before the use of refrigeration. The resulting product is called *kaddid* and was prepared only in periods when meat was available in large amounts. The preparation of the product was intended to preserve the meat against spoilage, which may occur rapidly. The procedure was not used as a transformation technology, but as an alternative for not discarding the meat. No fermentation would occur in the product; it cannot be compared to dry sausages from which it actually differs widely even if the taste is slightly similar.

The traditional procedure of *kaddid* making has been described by Bennani et al. [1], who demonstrated the good preservation of this product as a result of lowering the water activity ( $a_w$ ), salting and spice-flavouring (coriander, garlic, pepper). According to the same authors, the product is characterized by a strong flavour due to fat lipolysis and probably free fatty acid oxidation. Proteolysis may also help in flavour development by releasing some amines and/or amino acids which may have a role in the organoleptic quality of several dairy and meat products.

In the present study, assays of *kaddid* processing were carried out in the laboratory to study the microbiological and physico-chemical changes of *kaddid* during the ripening process.

### Materials and methods

**Meat preparation in laboratory.** Batches of 6 kg each of fresh sheep meat were purchased from the slaughterhouse of Rabat (Morocco). These were allowed to mature for 24 h at ambient temperature (around 20 °C) and cut into long pieces to facilitate the salt penetration. The pieces were salted and spiced in a 10-l plastic container and allowed to take up salt for 12 h, and exposed to sun by being hung on a string. All the determinations were performed within 15 days.

L. Bennani · A. Bouseta  
Faculté des Sciences Dhar Elmahraz, Fès, Morocco  
e-mail: mfaid@iav.refer.org.ma

M. Faid (✉)  
Hassan II Institute of Agronomy and Veterinary Medicine,  
Department of Food Microbiology and Biotechnology,  
P.O. Box 6202, Rabat-Instituts, Morocco

**Chemical determinations.** The moisture content was determined by oven drying a weighed amount of the product at 105 °C to constant weight. Ash was determined by ignition at 550 °C. Fat content was determined on the dry matter by the soxhlet method using hexane as a solvent. The acid degree value (ADV) was determined by the method of Deeth et al. [2]. The Kjeldhal method described by the APHA [3] was applied for the determination of non protein nitrogen (NPN). The sample was precipitated by a 10% trichloroacetic acid solution and filtered on Whatman paper. The filtrate was recovered and used for the NPN determination.

**Microbiological determinations.** Ten grams of each sample was blended in 90 ml of sterile peptone water (0.1%) with a Waring blender to prepare the initial dilution (1/10). Serial dilutions up to  $10^6$  were then prepared in distilled water in tubes.

**Plate count.** Appropriate dilutions ( $10^{-2}$  to  $10^{-6}$ ) of the samples were pour-plated on standard plate count agar (PCA) (Merck, Germany). The plates were incubated at 30 °C for 48 h.

**Coliform counts.** The most probable number MPN using three tubes per dilution was determined on brilliant green bile broth (Difco, USA) with Durham's tubes. Incubation was done at 44 °C for 24 h. Tubes that had shown growth and gas were propagated on peptone water (Biokar, France) and incubated at 44 °C for 24 h for the indole production test. This was revealed by the addition of 0.5 ml of Kovac's reagent (Merck, Germany).

**Staphylococci.** Dilutions up to  $10^{-6}$  were plated on Baird-Parker medium (Difco) supplied with an egg yolk/tellurite emulsion (Difco). Black colonies with or without egg yolk clearing and precipitate on the medium were counted and checked for Gram and catalase reactions. The isolates were checked for their coagulase reaction on rabbit plasma.

**Enterococci.** The enterococci were determined on KF-Streptococci agar (Difco) supplied with TTC. The plates were incubated at 37 °C for 24 h. Red colonies were counted and checked for Gram and catalase reactions.

**Salmonella.** Twenty-five grams of each sample was added to 125 ml of sterile buffered peptone water and incubated for 18 h at 37 °C. Three tubes of tetrathionate broth and three of selenite-cysteine broth (Merck, Germany) were inoculated with 1 ml from cultures in buffered peptone water and incubated for 24 h at 37 °C. Positive tubes of both media were streaked on Hektoen agar (Merck, Germany). The method described by Poelma and Silliker [4] was used for the identification.

**Spore-forming bacteria.** The initial dilution was heat-activated at 80 °C for 10 min and immediately cooled in iced water. Anaerobic sulphite reducing clostridia were grown on reinforced *Clostridium* medium (Merck, Germany) in tubes. Just after inoculation and while the medium was liquid, 0.1 ml of a 5% sodium sulphite solution and 0.1 ml of 5% ammonium ferric citrate solution were added. Tubes were then inoculated with 2, 1 and 0.5 ml of the heat activated initial dilution and incubated at 30 °C for 24 h.

**Proteolytic and lipolytic microorganisms.** Proteolytic and lipolytic microorganisms were determined according to the methods described by Lee [5] and Alford [6] respectively.

## Results and discussion

### Chemical characteristics

The moisture content decreased markedly in the product during the period of drying (Fig. 1). This pattern remained for 17 days and the ultimate value reached was

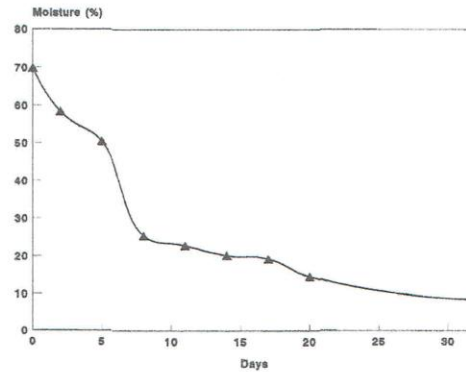


Fig. 1 Moisture content change during *kaddid* processing under atmospheric conditions

close to 20%. The decrease continued more slowly during the following days. This phenomenon is probably due to the free water driving into the product during the drying process. The moisture is the most important factor to monitor during the dehydrating process. Moisture must be reduced as quickly as possible to stop or to delay spoilage microorganisms in the product. Moreover, salting is usually accompanied by a reduction in microbes and may help in the preservation of foods using a combination of salting and drying.

The pH decreased in a curious manner during the drying period (Fig. 2). It is assumed that the pH decreases in post-rigor meats to reach an ultimate value around 4.5, and may increase during the maturation period to reach high values in spoiled meats. A pH reduction can help to delay the growth of undesirable microorganisms during the first stage of processing, while the moisture of the product is still high enough to support microbial growth.

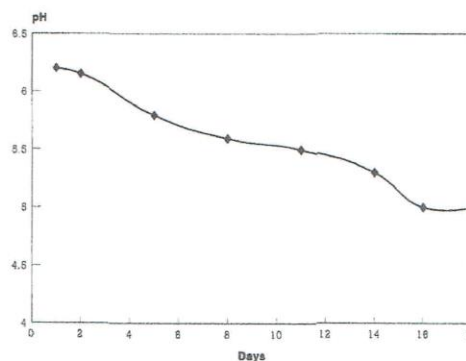


Fig. 2 pH decrease pattern in *kaddid* during drying



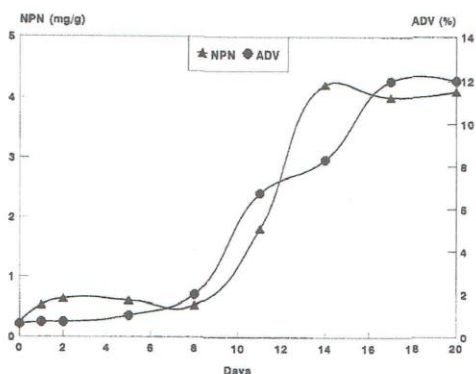


Fig. 3 Acid degree value (ADV) of fat and non protein nitrogen (NPN) change in *kaddid* during processing

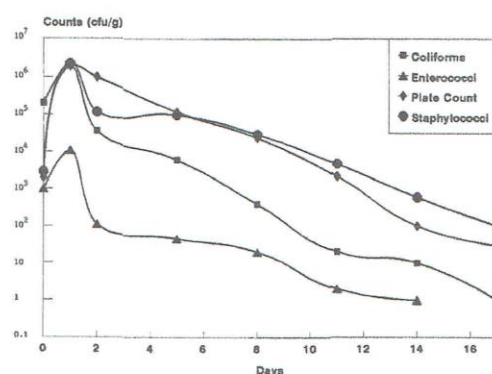


Fig. 4 Microbial profiles of the hygienic microorganisms in *kaddid* during processing

A sharp increase of the ADV in the product was observed during the first stage of drying (Fig. 3). This ADV increase is thought to be due to lipid hydrolysis or lipolysis by lipolytic microorganisms and/or their lipases. This phenomenon is likely to occur during the first stage of processing while the pH is still around neutral and the  $a_w$  is high. Lipolytic microorganisms can grow under these conditions and release their enzymes which may continue to split the triglycerides even if the microorganisms are destroyed. The ADV reached 25% after 20 days and remained almost constant in the product during processing. The occurrence of this phenomenon may be explained by the inhibition of lipolytic microbiota or simply by inhibition of the lipolytic reaction by free fatty acids released in the medium during the dehydrating process. The environmental conditions resulting from this process in the product (pH,  $a_w$ , inhibitors etc) would also contribute to stopping the lipolysis.

A non-significant increase in the NPN was observed in the product during drying and during storage (Fig. 3). The values reached were around 4 mg/g after 14–20 days. The weak proteolysis occurrence through the NPN can be controlled by lowering the  $a_w$  (by dehydration and salting) or by the inhibition of proteases by salting. Only a slight variation within the entire period of drying was observed even if the proteolytic microorganisms level was high in the product. The NPN gives information about protein breakdown to release amino acids and other metabolites. The stage of proteolysis which gives free amino acids contributes to a partial ripening of the product, and compounds released by proteolysis may help in the appearance of the typical flavour of *kaddid*.

It would be of further interesting to learn more about the mechanism by which meat is transformed into *kaddid* not only for its preservation but also for the improvement of its organoleptic quality through knowl-

edge of the biochemical reactions required for a suitable flavour development. Chemical changes during the salting/drying process would give information about the occurrence of some of the complicated biochemical reactions by which the product acquires the suitable strong flavour that makes it preferred to other meat products by the consumer. The lipolytic flavour is the most important organoleptic factor in the product.

#### Microbiological characteristics

Microorganisms associated with food hygiene were followed up during the dehydrating process by the determination of standard plate count (SPC), coliforms, staphylococci and enterococci. The microbial profiles are plotted in Fig. 4. This shows a marked decrease in the counts during the drying process to reach a minimum of less than 1 colony forming units (cfu)/g after 7 days. Counts remained constant for the following days of storage. The reduction in coliform numbers may ensure a good degree of preservation against undesirable and/or hazardous microorganisms.

The SPC level in *kaddid* was determined in a previous work [3] to be  $7.5 \times 10^5$  cfu/g. In the present work, a slight increase in the SPC during the first step of the process was observed, and then the counts decreased drastically to reach numbers around 10 cfu/g (Fig. 4). The low level obtained at the end of the process may confirm that the preservation was carried out properly. The level of SPC reached in our trials in the laboratory is lower than the level found in samples made traditionally.

*Staphylococci* counts were higher in *kaddid* samples from retail outlets, in agreement with Bennani et al. [1]. The staphylococci counts in these samples were  $6.210^5$  cfu/g. Food poisoning outbreaks can be induced by these microorganisms in *kaddid*; moreover, staphy-

lococci are not sensitive to salting and their presence in the product is the most pressing problem that can lead to food poisoning. These microorganisms were reduced to low numbers in our trials in the laboratory but the problem still exists.

*Salmonella* was not isolated from the raw material (meat) and its absence in the product was not, therefore, relevant data concerning its inactivation by the drying/salting. To study with accuracy the effect of the process on *Salmonella* or other pathogens, the raw material should be inoculated with a precise concentration of the pathogen and counts should be determined during the preparation of *kaddid*.

*Clostridium* was not detected at high levels in the raw material (less than 10 cfu/g) and numbers did not increase during processing. The low populations of *Clostridium* may indicate the unfavourable conditions produced the combination of dehydrating, salting and spicing. *Clostridium* cannot grow at  $a_w$  values lower than 0.6 [7].

Indicator microorganisms were eliminated in *kaddid* after 3 days of drying. This may be due to the subsequent actions of salting spicing and drying. *Enterobacteriaceae* species are sensitive to salting and drying, as reported by Loncin et al. [8], who stated that the bacterial growth is generally impossible when the  $a_w$  is reduced to below 0.9.

Results concerning the increasing microbial pattern are reported in Fig. 5. These include determinations of the proteolytics and lipolytics whose curves presented a first phase with a rapid decrease to reach low levels after 5 days of drying for proteolytics, and 8 days of drying for lipolytics. Counts were constant during the last period of processing. The low constant level reached during processing may indicate a regular stability at this level and confirm the success of the preservation process of *kaddid* against undesirable biochemical breakdowns of the organic matter due to spoilage microorganisms, which lead to putrefaction.

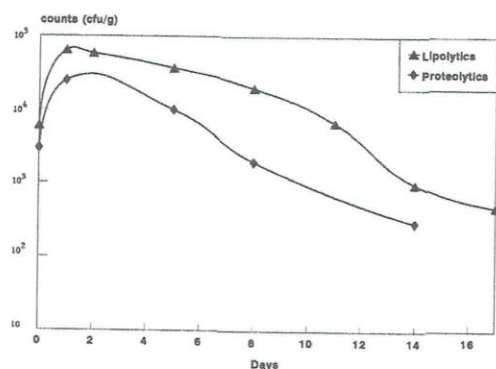


Fig. 5 Lipolytic and proteolytic microorganism profiles in *kaddid*

Proteolysis may result in high amounts of TVN and NPN, and a high level of hydrolysis may lead to the formation of undesirable compounds in the final product, such as ammonia which can alter the flavour of the product. *Kaddid* is preserved by salting and drying. Salt concentration is rather high (10%) to ensure a delay in microbial growth [9]. The  $a_w$  reduction to low levels means that no microbial growth with respect to pathogens and toxigenic microorganisms may occur [10]; in contrast to this microbial restriction, biochemical reactions can occur, especially lipolysis and proteolysis [11]. This phenomenon is suitable for the obtainment of a good product, since lipolysis and fat oxidation are the most important biochemical processes that give the typical flavour to the product. According to Girard [12] the low  $a_w$  may extend the lag phase of the growth of the undesirable microorganisms, reduce the logarithmic phase and consequently lower the microorganism numbers in the stationary phase.

Fat lipolysis and the release of free fatty acids by microorganisms was demonstrated by the correlation between the high ADV values and the high lipolytic counts. Free fatty acids may undergo oxidation since the  $a_w$  of the product is situated in the range of high lipid oxidation [13].

In conclusion, conditions of meat transformation in *kaddid* should be well-monitored during processing for the improvement of the organoleptic quality of the final product. The parameters measured in this study can be used to define a well-monitored process for the manufacture of a new meat product used in hot countries and for special dietary customs. This study gives a first survey of the different parameters to be controlled during the drying process, by which method the traditional procedure could be extended to a controlled high scale production of *kaddid* according to defined standards.

## References

- Bennani L, Zenati Y, Faid M, Ettayebi M (1995) Z. Lebensm Unters Forsch 201:528-532
- Deeth HC, Fitz-Gerald CH, Wood AF (1975) Austr J Dairy Technol 30:109-111
- American Public Health Association (1989) Standard methods for examination of water and waste water, 19th edn. APHA, Washington, D.C.
- Poelma PL, Andrews WH, Silliker JA (1984) *Salmonella*. In: Speck ML (ed) Compendium of methods for the microbiological examinations of foods. APHA, Washington, D.C., pp 286-326
- Lee JS, Kraft AA (1984) Proteolytic microorganisms. In: Speck ML (ed) Compendium of methods for the microbiological examination of foods. APHA, Washington, D.C., pp 155-159
- Alford JA (1976) Lipolytic microorganisms. In: Speck ML (eds) Compendium of methods for the microbiological examination of foods. APHA, Washington, D.C.
- Guthertz LS, Fruin JT, Spicer D, Fowler JL (1976) J. Milk Food Technol 39:823-829
- Loncin M, Binbinet JJ, Lenges J (1968) J. Food Technol 3:131-142

## Annexes

---

157

9. Goutefougea R (1988) La salaison: In: Apria INRA (eds) Technologie de la viande et des produits carnés. Lavoisier, Paris, pp 84–115
10. Leistner L, Rodel W (1976) The stability of intermediate moisture foods with respect to microorganisms. In: Davies R, Birch GG, Parker KJ (eds) Intermediate moisture foods. Applied Science, London
11. Williams JC (1976) Chemical and non enzymic changes in intermediate moisture foods. In: Davies R, Birch GB, Barker KJ (eds) Intermediate moisture foods. Applied Science, London
12. Girard JP (1988) La deshydratation. In: Apria INRA (eds) Technologie de la viande et des produits carnés. Lavoisier, Paris, pp 84–115
13. Labuza TP, Tannenbaum SR, Karel M (1970) Food Technol 24:543–550