

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل -

Université Mohammed Seddik Ben Yahia – Jijel -

Faculté des Sciences de la Nature et de la vie
Département : de Microbiologie Appliqué et
Sciences alimentaires



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم الميكروبيولوجيا التطبيقية
و علوم التغذية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Biologie**

Option : Contrôle de Qualité des produits Alimentaires

Thème

Effet de différentes méthodes de conservation sur la qualité physicochimique de la viande bovine

Membres de jury :

Président : M^f LAIB Essaid

Examineur : D^f DAIRI Sofiane

Encadrant : M^{me} BOUCHEFRA Amina

Présenté par :

M^{elle} : CHEBBAH Amina

M^{elle} : BOULSANE Asma

Année Universitaire 2016-2017

Numéro d'ordre (bibliothèque) :



Remerciements

Nous tenons à remercier avant tout ALLAH qui a nous donné la santé, le courage, la volonté et la passion de pouvoir réaliser ce travail.

Nos remerciements les plus sincères vont à M^{me} Boucheфра A, qui a accepté de nous encadrer et nous as aidé à accomplir ce projet avec ses conseils qui ont été très utiles durant la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier vivement et particulièrement M^r Laïb, d'avoir accepté de présider la soutenance.

Nos vifs remerciement s'adresse aussi à D^r Dairi, d'avoir accepté de juger ce travail.

Et Nous tenons à remercier les techniciens des laboratoires pour leur patience et serviabilité.

Nos remerciements infiniment toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, nous souhaitons que ce mémoire puisse être un support assez valorisant et profitable pour ceux qui l'utiliserai comme support scientifique.

Merci

Sommaire

Liste des abréviations**Liste des tableaux****Liste des figures****Liste des photos****Introduction** 01**Synthés bibliographique****Chapitre I : Généralité sur la viande**

I.1. Définition de la viande..... 03

I.2. Composition du muscle animal..... 03

I.3. Structure du muscle..... 04

I.4. Transformation de muscle en viande..... 05

I.5. Races bovines en Algérie..... 06

I.6. Qualité de la viande..... 07

I.6.1. Qualité technologique..... 07

I.6.2. Qualité organoleptique 08

I.6.2.1. Couleur..... 08

I.6.2.2. Tendreté..... 09

I.6.2.3. Jutosité..... 09

I.6.2.4. Flaveur..... 09

I.6.3. Qualité hygiénique..... 09

I.6.4. Qualité nutritionnelle 09

I.7. Altération de la viande..... 10

I.7.1. Détérioration microbiologique..... 10

I.7.2. Détérioration autolytique, par les enzymes..... 11

I.7.3. Oxydation de la graisse 11

Chapitre II : Méthodes de conservation de la viande

II. Conservation de la viande..... 12

II.1. Conservation chimique..... 12

II.1.1. Salage..... 12

II.1.2. Sucrage..... 13

II.2. Conservation physique.....	14
II.2.1. Réfrigération.....	14
II.2.2. Congélation.....	14
II.2.3.Surgélation.....	15
II.2.4. Pasteurisation.....	15
II.2.5. Stérilisation.....	15
II.2.6. Fumage.....	15
II.2.7.Séchage.....	16
II.2.7.1.Techniques de séchage de viande.....	16
II.2.8. Irradiation.....	17
II.2.9. Sous vide.....	18
II.2.10. Lyophilisation.....	18

Etude expérimentale

III : Matériel et méthodes

III.1. Matériel	19
III.1.1. Matériel biologique	19
III.1.2. Produits chimiques et réactifs.....	19
III.1.3. Appareillage et autres.....	19
III. 2. Méthodes.....	20
III. 2.1.Techniques de conservation des échantillons de viande	20
III. 2.1.1. Préparation de la viande bovine séché salée.....	20
III. 2.1.2. Préparation de la viande bovine fumée.....	21
III. 2.1.3. Préparation de la viande bovine réfrigérée.....	22
III. 2.1.3. Préparation de la viande bovine congelée	22
III. 2.2. Analyse physico-chimique.....	23
III. 2.2.1.Détermination du pH.....	23
III. 2.2.2. Détermination de l'acidité titrable.....	23
III. 2.2.3. Détermination de la matière sèche.....	23
III. 2.2.4.Détermination de l'humidité.....	24
III. 2.2.5.Détermination de la matière minérale.....	24

III. 2.2.6. Calcul de la matière organique.....	24
III. 2.2.7. Indice d'Acide	25
III. 2.2.8. Indice de peroxyde	25
III. 2.2.9. Indice de saponification	26
III. 2.2.10. Calcul de l'indice d'ester	26
III. 2.2.11. Dosage de la matière grasse brute.....	27
III. 2.2.12. Dosage de l'azote total	27
III. 2.2.13. Détermination de la capacité de rétention d'eau	28
III.2.2.14. Etude de la perte de cuisson, couleur et texture.....	29
III. 2.3. Analyse statistique	29

IV. Résultats et discussion

IV.1. Analyse physico-chimique.....	30
IV.1.1. Détermination du pH.....	30
IV.1.2. Détermination de l'acidité titrable.....	31
IV.1.3. Détermination de la matière sèche.....	32
IV.1.4. Détermination de l'humidité.....	34
IV.1.5. Détermination de la matière minérale.....	35
IV.1.6. Calcul de la matière organique.....	37
IV.1.7. Indice d'Acide	37
IV.1.8. Indice de peroxyde.....	39
IV.1.9. Indice de saponification.....	40
IV.1.10. Calcul d'indice d'ester.....	41
IV.1.11. Dosage de la matière grasse brute.....	43
IV.1.12. Dosage de l'azote total	44
IV.1.13. Détermination de la capacité de rétention d'eau	45
IV.1.14. Etude de la perte de cuisson, couleur et texture.....	47
IV.1.14.1. Détermination de la perte de cuisson.....	47
IV.1.14.2. Détermination de la couleur et de la texture.....	48
Conclusion.....	51

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation ;

AGL : Acides Gras Libres ;

ANOVA : Analyse de Variance à un Facteur ;

AOAC: Association of Official Analysis Chemistry;

ATP : Adénosine Tri Phosphate ;

BLM : Bovins Laitiers Modernes ;

CRE : Capacité de Rétention d'Eau ;

FAO: Food and Agriculture Organization;

H : Humidité;

Ia: Indice d'acide ;

Ip : Indice de peroxyde ;

Is: Indice de saponification ;

Ie: Indice d'ester ;

ISO : Organisation International de Normalisation ;

MG : Matière Grasse ;

MM : Matière Minérale ;

MS : Matière Sèche ;

MO : Matière Organique ;

M: Molaire ;

mEq : milliéquivalent ;

pH : Potentielle d'hydrogène ;

T₀ : Temps de la première analyse ;

T₁₅ : Temps de la dernière analyse ;

Vc : Viande congelée ;

Vf : Viande fumée ;

Vr : Viande réfrigérée;

Vs : Viande séchée.

Liste des tableaux

Numéro du tableau	Titre	Page
Tableau 01	Evaluation de la couleur et de la texture de la viande séchée et fumée au cours de la conservation.	48
Tableau 02	Evaluation des caractéristiques physique de la viande réfrigérée et congelée au cours du stockage.	49

Liste des figures

Numéro des figures	Titre	Page
Figure 01	Organisation du muscle squelettique.	05
Figure 02	Différentes étapes de la transformation du muscle en viande.	06
Figure 03	Principe de la conception expérimentale.	20
Figure 04	Evolution du pH des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.	30
Figure 05	Evolution de l'acidité des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.	32
Figure 06	Evolution de la matière sèche des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.	33
Figure 07	Evolution de l'humidité des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.	34
Figure 08	Evolution du taux de cendres des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.	36
Figure 09	Evolution de la matière organique des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.	37
Figure 10	Evolution de l'indice d'acide des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.	38
Figure 11	Evolution de l'indice de peroxyde des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.	39
Figure 12	Evolution de l'indice de saponification des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.	41
Figure 13	Evolution de l'indice d'ester des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.	42
Figure 14	Evolution de la matière grasse brute des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.	43
Figure 15	Evolution de la teneur en protéines des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.	44
Figure 16	Evolution de la rétention d'eau des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.	46
Figure 17	Evolution de la perte de cuisson de la viande congelée pendant la période de conservation.	47

Liste des photos

Numéro de photos	Titre	Page
Photos 01	Echantillon de viande séchée (Vs).	21
Photos 02	Echantillon de viande fumée (Vf).	22
Photos 03	Echantillon de viande réfrigérée (Vr).	22
Photos 04	Echantillon de viande congelée (Vc).	23

INTRODUCTION

La viande est une partie basique du régime alimentaire sain et équilibré en raison de sa richesse nutritionnelle. La viande est une source précieuse de protéines de haute qualité naturelle et d'autres vitamines du complexe B, du zinc, du sélénium, du fer, de la vitamine B12 et du phosphore (**Pankaj et al., 2016**). Sa saveur particulière en fait l'un des aliments les plus préférés (**Rahman et al., 2005**).

La qualité de la viande est une notion extrêmement variable et évolutive à l'image de la transformation depuis l'animal vivant jusqu'à la carcasse puis la viande (**Salifou et al., 2013**). La notion de qualité de la viande est certes très étendue, et son acception varie selon les agents intervenant dans la filière. On distingue généralement des qualités nutritionnelles, hygiéniques, technologiques et organoleptiques (**Monin et al., 1991**).

La viande est une matrice nutritive riche qui fournit un environnement pour la prolifération des microorganismes (**Aymerich et al., 2008**). C'est un produit très périssable qui nécessite des moyens de conservation adéquats pour préserver sa stabilité microbiologique et organoleptique (**Tom, 2015**).

La conservation de la viande est devenue nécessaire pour la transporter à de longues distances sans altérer sa qualité (**Dave et al., 2011**). La durée de conservation de la viande est limitée par des enzymes et des détériorations microbiologiques. Pour prolonger la durée de conservation de la viande, des méthodes de conservation traditionnelle utilisant les techniques de séchage, salaison, et de fumage sont privilégiées. Cependant le recours aux techniques modernes de conservation de la viande (congélation, lyophilisation, réfrigération) est limité car elles nécessitent des équipements de production de froid et d'énergie électrique coûteuses (**Rahman et al., 2005**).

Une combinaison de ces techniques de conservation peut être utilisée pour diminuer le processus de détérioration (**Dave et al., 2012**).

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet des quatre méthodes de conservation sur la qualité physico-chimique de la viande. Les méthodes étudiées sont le séchage, le fumage, la réfrigération et la congélation, afin d'identifier la méthode appropriée pour la conservation de la viande bovine. Pour se faire, notre travail est articulé autour de trois parties. La première partie consiste en une synthèse bibliographique dans laquelle nous aborderons la qualité de la viande bovine et les différentes méthodes de sa conservation. La deuxième partie est consacrée à la méthodologie adoptée pour réaliser la partie expérimentale.

Les résultats et discussions sont représentés dans la troisième partie. Une conclusion vient achever notre manuscrit.

Synthèse
bibliographique

Chapitre I
Généralité sur la
viande

I.1. Définition de la viande

Selon l'organisation mondiale de la santé animale, la viande désigne toutes les parties comestibles d'un animal et considère le mot « animal », dans ce contexte « tout mammifère ou oiseau ». Dans ce vocabulaire sont incluses la chair des mammifères (Ovin, bovin, caprin, camelin ...) et des oiseaux (poulet, dinde, pintade ...). Mais la qualité de la viande est en fonction de l'âge, du sexe, et de la race de l'animal (Fosse, 2003 ; El Rammouz, 2005).

I.2. Composition du muscle animal

Le muscle est le constituant principal de la carcasse des animaux de boucherie ; il représente 35 à 65% du poids vif de l'animal (Brandebourg, 2013 ; Listrat et al., 2015).

Le muscle squelettique est essentiellement composé d'eau (environ 74 %) et de protéines (environ 19%) et en plus faible quantité de lipides (1 – 6%) et de glucides (1%) (Smulders et al., 2014).

- *Eau* : la teneur du muscle en eau est variable selon l'âge, le type de muscle et surtout la teneur en lipides (Schone et al., 2006). Le muscle peut contenir de 60 à 80 % d'eau dont 90 à 95 % sous forme libre et 5 à 10% sous forme liée (Lawrie, 1998 ; Huff-Lonergan et al., 2005). L'eau sert dans la thermorégulation, dans de nombreux processus cellulaires et pour le transport des nutriments (Smulders et al., 2014).
- *Protéines* : la structure des protéines du muscle est la suivante (Keeton et Eddy, 2004) :
 - **2 % de protéines du stroma (protéines support)** : il s'agit des protéines du tissu conjonctif entourant la fibre musculaire. Le tissu conjonctif est constitué de protéoglycane dans lesquelles s'enchevêtrent des fibres de collagène et d'élastine. La composition du collagène en acides aminés est de 33 % de glycine, 11 % alanine, 9-10 % proline, 13-14 % d'hydroxyproline.
 - **5.5 % de protéines sarcoplasmiques (protéines impliquées dans le métabolisme)**: présentes dans le sarcoplasme entourant les myofibrilles parmi lesquelles des enzymes du métabolisme oxydatif et glycolytique, mais également la myoglobine, pigment donnant la couleur au tissu musculaire.
 - **11.5 % de protéines myofibrillaires (protéines contractiles)** : majoritairement actine et myosine (respectivement 22 % et 43 % des protéines myofibrillaires), qui ont un rôle majeur dans la contraction musculaire.

- *Lipides* : la teneur en matières grasses des viandes varie selon l'espèce, l'état d'engraissement de l'animal et le morceau considéré. Elles se trouvent à la surface de la carcasse (graisses de couverture), autour des muscles ou à l'intérieur du muscle (marbré, persillé). Les lipides des viandes sont constitués principalement d'acides gras saturés et mono-insaturés. Les lipides jouent un rôle dans le stockage énergétique, les réponses immunitaires et les voies de reconnaissance cellulaire (**Salifou et al., 2013**).
- *Glucide* : le glycogène du muscle se transforme en acide lactique lors de la maturation de la viande, la teneur en glucides viandes devient donc négligeable (**Virling, 2003**).
- *Minéraux* : la viande est une excellente source de minéraux notamment en fer (la majorité du fer contenu dans la viande est sous forme hémique) et en zinc. Elle est pauvre en manganèse, chrome et sélénium (**Salifou et al., 2013**).
- *Vitamine* : la viande est une excellente source de vitamines en particulier les vitamines B₆ (pyridoxine), B₃ (niacine) et B₁₂. Les vitamines liposolubles telles que les vitamines A et D ne se retrouvent en quantités significatives que dans quelques abats, notamment le foie. La viande constitue également une bonne source de vitamine E (**Salifou et al., 2013**).

I.3. Structure du muscle

Le muscle strié squelettique présente une structure biologique très hétérogène et hiérarchisée (Figure 01) (**Brandebourg, 2013**). Il est principalement composé de faisceaux de cellules plurinucléées. Les fibres musculaires occupent 75 à 90 % du volume musculaire. Chaque fibre musculaire est entourée par une enveloppe de tissu conjonctif : l'endomysium. Les faisceaux de fibres sont délimités par le périmysium. Enfin, le muscle est gainé par l'épimysium, enveloppe qui attache le muscle à l'os par le tendon. Ces différentes enveloppes ont un rôle moteur important.

Chaque fibre est innervée par un nerf moteur et les nutriments nécessaires à la contraction sont apportés par des vaisseaux sanguins (**Brandebourg, 2013 ; Smulders et al., 2014 ; Listrat et al., 2015**).

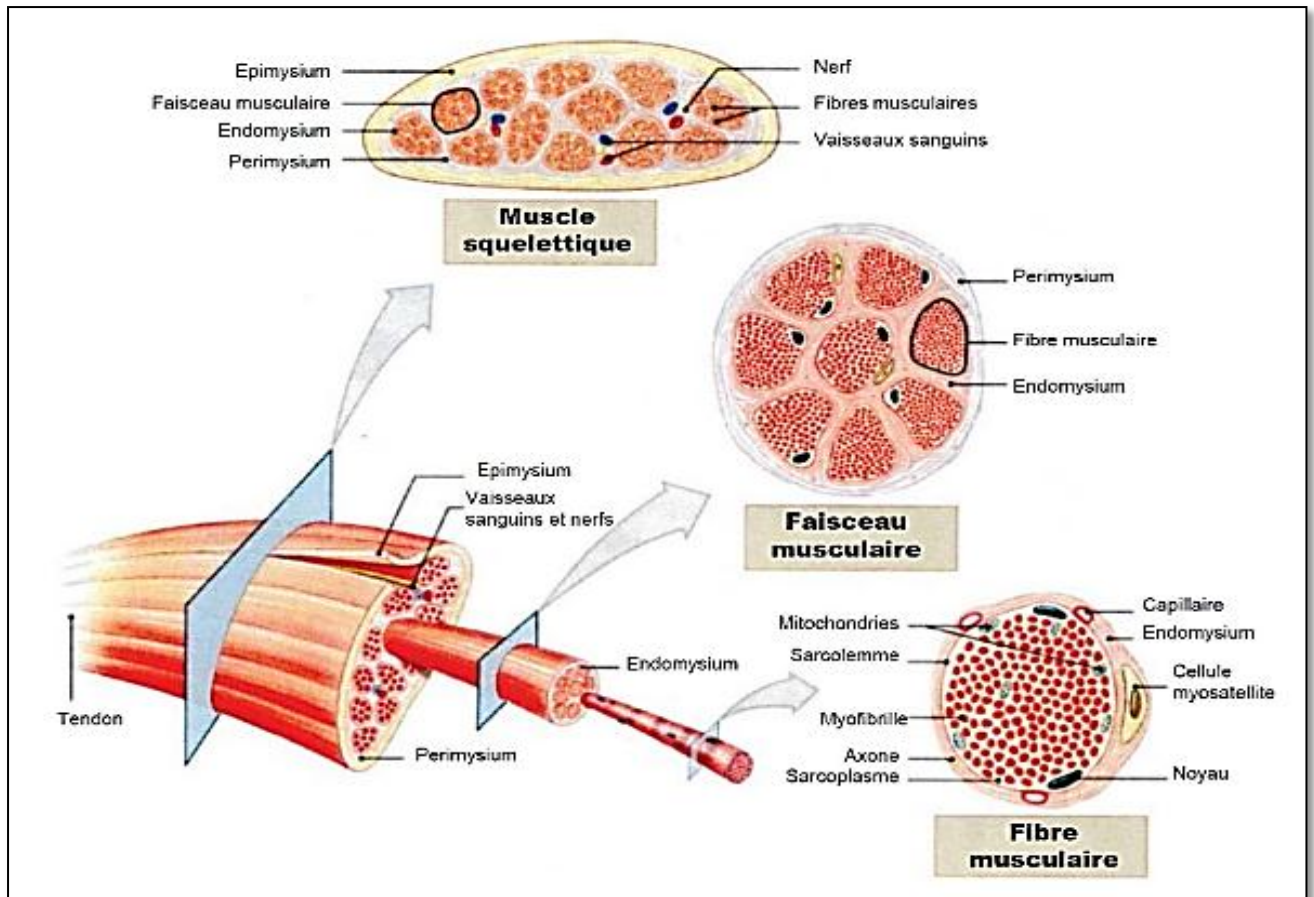


Figure 01 : Organisation du muscle squelettique (Brandebourg, 2013).

I.4. Transformation du muscle en viande

En effet, après la mort de l'animal, le muscle est le siège de nombreuses transformations qui conditionnent largement les qualités finales de la viande. L'évolution de la viande se fait en trois phases (Ouali, 1991) :

1. Phase de pantelance

Suit directement l'abattage. Malgré l'interruption du courant sanguin, on observe une succession de contractions et relaxations musculaires pendant une courte période de 20 à 30 minutes. L'accumulation d'acide lactique qui s'en suit provoque ainsi une baisse du pH qui passe, selon le muscle, de 7 à environ 5,5 (Ouali, 1991 ; Maltin et al., 2003).

2. Rigidité cadavérique (*rigormortis*)

La rigidité cadavérique est comprise entre les 10 et 48 heures qui suivent la saignée. Le muscle devient progressivement raide et inextensible. Elle est le résultat de la liaison irréversible entre la myosine et l'actine, avec diminution de la teneur en ATP (Coibion, 2008 ; Mense et Gerwin, 2010).

3. Maturation

Lors de cette phase dont la durée peut atteindre plusieurs jours. La maturation résulte du relâchement des liens entre les fibres musculaires. Ce relâchement se fait grâce à l'action de diverses enzymes capables de dégrader les protéines du muscle. La protéolyse *post mortem* provoque donc l'affaiblissement des structures myofibrillaires et des protéines associées qui résulte en l'attendrissage (Coibion, 2008 ; Guillem et al., 2009).

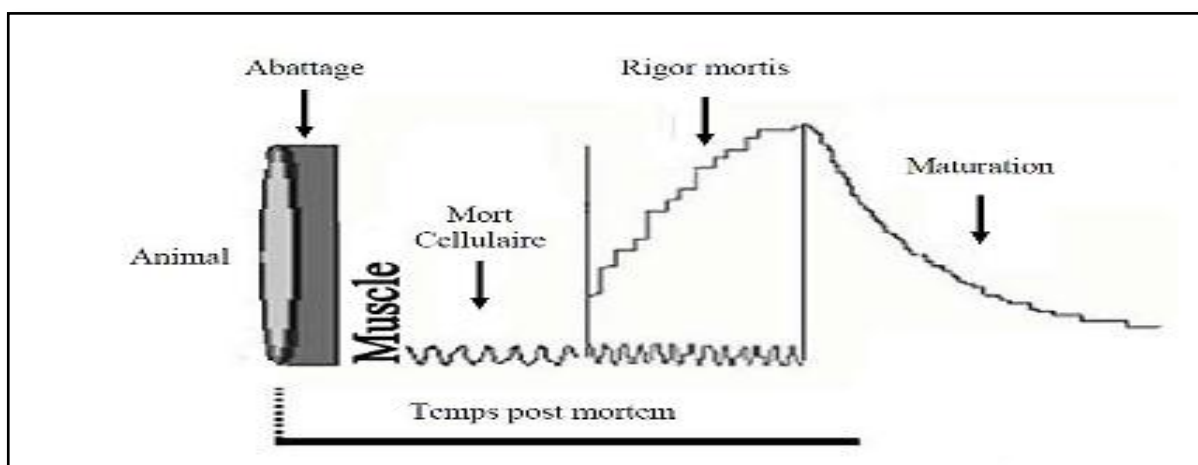


Figure 02 : Différentes étapes de la transformation du muscle en viande (Ouali et al., 2006).

I.5. Races bovines en Algérie : Le cheptel bovin est constitué principalement de trois races:

a. Races locales

- **La race brune de l'Atlas :** elle est caractérisée par une robe de nuance allant du fauve brunâtre au rouge brun et gris foncé, musculature moyenne. Le poids varie entre 250 et 300 kg (Nedjraoui, 2001).
- **La Guelmoise :** elle présente une robe à pelage gris foncé, vivant en zones forestières. Elle a été identifiée dans les régions de Guelma et de Jijel (Feliachi, 2003).
- **La Cheurfa :** elle se caractérise par une robe blanchâtre, vivant en zones prés forestières (Nadjraoui, 2001).

- **La Sétifienne** : À robe noirâtre uniforme, La ligne marron du dos caractérise cette population. Elle est localisée dans les monts du Bâbord (**Feliachi, 2003**).
- **La Chélifienne** : elle se caractérise par une robe fauve, elle est rencontrée dans les monts de Dahra (**Feliachi, 2003**).
- **La Djerba** : elle peuple la région de Biskra et qui se caractérise par une robe Brune foncée, La taille très réduite, adaptée aux milieux très difficiles du Sud (**Feliachi, 2003**).
- **La Kabyle et la Chaouia** : elle dérive respectivement de la Guelmoise et de la Cheurfa. Suite aux mutations successives de l'élevage bovin .Elle est localisée en Kabylie (**Feliachi, 2003**).
- **Les populations de l'Ouest** : Ont subi des croisements avec une race ibérique. Elle est localisée dans les montagnes de Tlemcen et de Saïda (**Kirat, 2007**).

b. Races à hautes potentielles de productivité

Les races hautes productrices ou bovins laitiers modernes (BLM), sont des races d'importation à haut potentiel génétique d'origine européenne, l'introduction de ces races était depuis la colonisation du pays (**Eddebbarh, 1989**), elles représentent 9% à 10% du total du cheptel national, soit 120000 à 130000 têtes, ce cheptel assure 40% de la production du Lait (**Bencharif, 2001**).

c. Races améliorées ou mixtes

Elles sont des races issues de multiples croisements entre la race locale et les différentes races importées pour l'amélioration de la production, ces races importées qui ont un potentiel génétique élevé, mais leurs performances se diminuent par rapport à leurs pays d'origine (**Nadjraoui, 2001**), les effectifs sont estimés de 555000 têtes, ils représentent 42 à 43% du cheptel national et assurent 40% de la production du lait (**Bencharif, 2001**).

I.6. Qualités de la viande

La qualité de la viande est l'ensemble des caractéristiques que lui confèrent ses propriétés organoleptiques, technologiques la qualité hygiénique, et nutritionnelles. Elle est une notion complexe, très variable selon les consommateurs et évolue dans le temps (**Salifou et al., 2013**).

I.6.1. Qualité technologique de la viande

La qualité technologique de la viande représente sa capacité à être transformée et conservée. Elle dépend du produit que l'on souhaite fabriquer (viande crue hachée et viande crue non hachée) et peut être exprimée principalement par le pH et par la capacité de rétention d'eau. La qualité

technologique peut être également exprimée par les paramètres tels que la capacité d'émulsification, la couleur et la capacité de formation de la couleur, la capacité de liaison par thermocoagulation ou par combinaison du séchage et de la diminution du pH, la capacité à produire une flaveur, etc (**Salifou et al., 2013**).

➤ **pH**

Le pH est un paramètre chimique qui influence la capacité de conservation et de transformation de la viande. En effet, après l'abattage, le pH du muscle passe d'une valeur proche de 7,0 à environ 5,5-5,7 en 48 h chez les bovins. La diminution du pH est liée à l'accumulation d'acide lactique issu de la dégradation du glycogène contenu dans le muscle. Le pH se stabilise lorsque les réserves en glycogène sont épuisées : on parle alors de pH ultime. Le pH influence les qualités organoleptiques, notamment la couleur (**Salifou et al., 2013**).

➤ **Capacité de rétention d'eau**

Le pouvoir de rétention d'eau est la capacité qu'a la viande à retenir fermement sa propre eau ou l'eau ajouté, et ce lors de l'application d'une force quelconque (**Honikel et Hamm, 1994**). En effet, la myosine, l'actine et, dans une moindre mesure la tropomyosine, sont les principaux composants musculaires capables de fixer l'eau (**Owens et al., 2000**). Il a été aujourd'hui clairement montré que les évènements post-mortem, à savoir l'amplitude et la vitesse de chute de pH, la protéolyse et même l'oxydation des protéines sont les facteurs clés qui influencent la capacité d'une viande à retenir son eau (**Huff-Lonergan et Lonergan, 2005**).

I.6.2. Qualités organoleptiques

Les principales caractéristiques sensorielles pour les viandes sont: la couleur, la tendreté, la jutosité et la flaveur (**Monin, 1991**).

I.6.2.1. Couleur

La couleur est une qualité très importante parce qu'elle détermine la décision d'achat de la viande par le consommateur, au même titre que la proportion de gras dans le morceau. Son importance croît encore avec le développement de la distribution de la viande en grandes et moyennes surfaces, où le consommateur est complètement maître de sa décision d'achat et dispose d'un choix important. L'intensité de la couleur augmente avec la teneur en myoglobine et dépend de la microstructure du muscle.

La microstructure est elle-même fortement influencée par le pH : l'intensité de la couleur augmente avec le pH, et l'on obtient des viandes de couleur anormalement foncée, dites à coupe sombre, lorsque celui-ci dépasse 6. La teinte varie en fonction de l'état d'oxygénation ou d'oxydation de la myoglobine : la myoglobine réduite non oxygénée est rouge pourpre, la myoglobine réduite oxygénée est rouge vif, la myoglobine oxydée est rouge-brun, cette dernière couleur entraînant une réaction de rejet par le consommateur (**Monin, 1991**).

I.6.2.2. Tendreté

La tendreté mesure la facilité avec laquelle une viande se laisse mastiquer. Elle est considérée comme la qualité primordiale par la plupart des consommateurs. C'est seulement lorsqu'un seuil minimum de tendreté est respecté que le consommateur peut apprécier d'autres qualités comme la jutosité et la flaveur. La tendreté varie avec la quantité et les qualités du tissu conjonctif et avec le degré d'altération des protéines structurales au cours de la maturation (**Monin, 1991**).

I.6.2.3. Jutosité

La jutosité de la viande cuite comprend deux composantes. La première consiste dans la libération d'eau au début de la mastication ; la seconde est plus prolongée et résulte de la stimulation de la salivation par les lipides. La jutosité dépend donc du pouvoir de rétention d'eau, de la quantité et peut-être de la nature des lipides de la viande (**Monin, 1991**).

I.6.2.4. Flaveur

La flaveur de la viande est déterminée par la composition chimique et les changements apportés à cette dernière par la cuisson. Des composés hydrosolubles aussi bien que liposolubles sont impliqués dans le développement de la flaveur au cours de la cuisson (**Monin, 1991**).

I.6.3. Qualités hygiéniques

La viande doit être mise dans des conditions de sécurité quasi absolue ; il faut donc qu'elle soit protégée des différentes contaminations (**Nutsch et al., 1997**). Elle ne doit contenir aucun résidu toxique (métaux lourds, toxines bactériennes), aucun parasite, ni être le siège de développement bactérien afin de préserver la santé du consommateur (**Morisetti, 1971; FAO, 2000 ; Coibion, 2008**).

I.6.4. Qualités nutritionnelles

La place de la viande en tant que source de protéines est très importante, les protéines diffèrent par leur digestibilité et par leur composition en acides aminés (**Daurmaun, 1990**) ; la digestibilité des

viandes est excellente, le CUD (coefficient d'utilisation digestive) est très élevé et dépasse 95% (Comelade, 1995; Williams, 2007). La viande est riche en fer qui reste l'oligo-élément le plus représenté dans l'organisme et qui est hautement indispensable à un grand nombre de fonctions vitales (Goulet, 1990). Elle est aussi une bonne source de zinc et vitamines de groupe B et très riche en vitamine A (Robbins et al., 2003). Le rôle des vitamines de la viande dans la croissance et l'entretien de l'organisme est parfaitement évident (Rullier, 1999).

I.7. Altérations de la viande

La viande est un produit dégradable et plusieurs facteurs interviennent dans le processus d'altération ou de dégradation de la viande (Yacouba, 2009).

Les principales formes de détérioration de la viande sont :

I.7.1. Détérioration microbiologique

La viande est un substrat favorable au développement des micro-organismes, essentiellement des bactéries protéolytiques qui entraînent des modifications néfastes sur l'odeur, la couleur, la texture et éventuellement des germes pathogènes qui produisent des substances toxiques (Larpent, 1997 ; Lozach, 2001 ; Guiraud, 2003).

Selon Bourgeois et al. (1996), plusieurs types d'altération sont susceptibles d'atteindre la viande selon la température de conservation :

- **Altération à température élevée (25 à 40° C) :** Ces températures permettent la multiplication des germes mésophiles, essentiellement les Clostridium, germes anaérobies, Ces germes conduisent au phénomène de putréfaction profonde.
- **Altération à température intermédiaires (10 à 25° C) :** On observe parfois dans des carcasses insuffisamment réfrigérées une altération très particulière en profondeur au niveau des membres postérieure : la puanteur d'os (« bone – taint » des anglosaxons).
- **Altération à basse température (< 10 ° C) :** Aux températures de réfrigération, les germes psychrotrophes de surface, à l'origine de la putréfaction superficielle continuent à se développer.

I.7.2. Détérioration autolytique

Les enzymes sont des protéines qui contribuent à des réactions biologiques, notamment la conversion de certaines substances organiques en d'autres. Après la mort du bétail, les enzymes qu'ils contiennent sont toujours vivants. Ils se mettent à décomposer des composants en unités plus petites, ce qui altère l'odeur, le goût et la texture. Quelques heures après la mort, la rigidité cadavérique (raidissement de la viande) survient. Puis, la viande redevient molle par réactions enzymatiques (autolyse). Un traitement thermique (p.ex. la pasteurisation) permet l'inactivation des enzymes (**Brekel et al ., 2005**).

I.7.3. Oxydation de la graisse

Dans le cas de la viande, des réactions peuvent avoir lieu entre la graisse et l'oxygène de l'air (réactions d'oxydation). Une longue exposition à l'air, par exemple lors du séchage et du fumage, donne aux produits gras une odeur et un goût rance. Il est donc préférable de fumer et de sécher les morceaux de viande les moins gras (**Brekel et al ., 2005**).

Chapitre II
Méthodes de
conservation de la
viande

II. Conservation de la viande

La conservation est le processus de transformation des aliments permettant de les stocker plus long temps. La conservation doit être considérée comme un moyen de stocker l'excédent d'aliments disponibles à certaines périodes pour le consommer pendant les périodes où la nourriture est rare (**Brekel et al., 2005**).

Le choix de la méthode de conservation dépend du produit de départ, des propriétés désirées du produit fini, de la disponibilité des sources d'énergie (bois, essence, pétrole, électricité, soleil), des équipements de stockage, des matériaux d'emballage disponibles et des moyens financiers (**Brekel et al., 2005**).

La viande est une denrée périssable. De ce fait, l'un des freins à sa consommation vient des difficultés que pose sa conservation. Elle peut être conservée de plusieurs manières : le séchage, la salaison, la réfrigération, la congélation, la pasteurisation, la stérilisation (**Bourgeois et Leveau, 1992**).

Tous les procédés de conservation de la viande sont basés sur le ralentissement ou l'inhibition des différents processus de dégradation microbologique et biochimique (**Yacouba, 2009**).

II.1. Conservation chimique

II.1.1. Salage

Le salage ou salaison est l'un des procédés de conservation de la viande les plus anciennement utilisés. Elle consiste en l'incorporation de sel, associé à d'autres ingrédients. Le salage est généralement suivi d'un séchage, d'un fumage ou d'une cuisson (**Yacouba, 2009**).

Il existe deux méthodes de salage : le salage par voie humide et le salage à sec (**Tuara, 1999**) :

➤ *Salage par voie humide (saumurage)*

Les morceaux de viande sont immergés dans un volume d'eau additionnée de sel, appelée saumure. Et éventuellement assaisonné d'épices ou d'aromates. Dans ce cas, le séchage n'est pas nécessaire. La saumure doit être stockée dans des conditions très rigoureuses afin de préserver ses qualités physique, organoleptique et microbologique (**Couvez et al., 2005**).

➤ *Salage à sec de la viande*

Il est toujours suivi d'un frottage au sel répété lors du changement de position hebdomadaire des pièces de viande. Cette méthode est utilisée pour une viande qui sera encore séchée après le salage (FAO , 1994).

Respecter bien la chaîne du froid et ne travaillez à une température trop élevée, qui pourrait être le facteur déclenchant d'un développement bactérien (Couvez et al., 2005). La durée du salage dépend de la grosseur des morceaux et de l'épaisseur de l'enveloppe de peau ou de tissus adipeux et conjonctif (FAO ,1994).

Le salage à sec et le saumurage sont deux opérations très importantes en charcuterie. Elles permettent (Couvez et al.,2005) :

- D'agrémenter la saveur grâce à son goût salé ;
- D'augmenter le pouvoir de rétention d'eau des viandes ;
- D'améliorer la conservation des produits.

Le salage permet notamment de freiner le développement des micro-organismes à la surface du produit et d'éloigner les insectes et autres parasites. Il ralentit donc la dégradation du produit. Le sel donne un produit fini plus stable avec une durée de conservation plus longue (Brekel et al.,2005).

• *Avantages et les inconvénients du salage* : bon marché quand le sel est peu coûteux ; ne consomme pas d'énergie ; stockage à température ambiante ; stockage de longue durée possible ; qualité correcte ; valeur nutritive raisonnable (Brekel et al .,2005).

II.1.2. Sucrage

Dans ces derniers temps, on a commencé à employer le sucre plus généralement qu' auparavant à la conservation des viandes, attendu qu' il faut beaucoup moins de sucre que de sel marin pour prévenir la putréfaction, et que le premier ne rend la viande ni moins savoureuse ni moins nutritive (Brekel et al., 2005).

On trouve effectivement d'autres sources que de la viande fraîche a été conservée plusieurs mois dans un pot de faïence rempli de sirop de sucre froid assez épais, et que pour la manger il convient de la laver à l'eau chaude et de la laisser mortifier deux ou trois jours avant de l'employer; que les indiens conservent les viandes fraîches dans du miel et d'autres dans une espèce « de saumure avec du sel marin, du salpêtre et du sucre, en doses égales »

Il est aussi rapporté que les indigènes de Ceylan enrobent de miel la viande crue coupée en morceaux avant de la placer dans le trou d'un gros arbre qu'ils referment et qu'« un an après, cette viande est de fort bon goût, confite et parfumée (Brekel et al., 2005).

En 1856, un brevet est accordé à Paris pour un moyen de conserver la viande crue dans un sirop de sucre cuit à 37 degrés, auquel on a ajouté un dixième de son volume d'alcool du midi à 33 % vol. L'auteur précise qu'il conserve depuis 15 ans la viande dans le sirop de sucre pur mais que celui-ci modifie le goût et donne une couleur jaune au produit; additionné d'alcool, il permet de conserver couleur naturelle et saveur : « la viande reste rouge, pulpeuse et peut être employée à tous les usages culinaires. Elle fait ensuite des rôts, des biftecks, des ragoûts, des bouillons (Brekel et al., 2005).

II.2. Conservation physique

II.2.1. Réfrigération

La conservation de la viande au froid est donc une nécessité. Mais, pour les carcasses bovines le refroidissement doit être modéré (Rosset et al., 2009).

La réfrigération est une technique de conservation par le froid (entre 0 °C et 5 °C) qui permet de conserver les aliments pendant quelques jours. La réfrigération ne fait que ralentir la dégradation des aliments, elle ne la stoppe pas (Moinet, 2010).

II.2.2. Congélation

La congélation est l'abaissement de la température de la viande à -18 °C provoquant la transformation de l'eau contenue dans les fibres musculaires en cristaux de glace. Plus la cristallisation est rapide, plus les cristaux sont fins et moins les fibres musculaires sont déchirées (Tourneur et al., 2001). La congélation conserve la viande en ralentissant l'activité des enzymes et en stoppant la croissance des bactéries responsable de sa détérioration. La teneur en gras influence la durée de conservation de la viande congelée plus une viande est grasse, moins elle se conserve longtemps car le gras rancit rapidement (Fortin, 1996).

II.2.2.1. Règles de base du froid

Pour être efficace, le froid doit être appliqué (Tourneur et al., 2001) :

- A un produit sain ;
- De façon précoce, c'est-à-dire rapidement ;
- De façon continue, c'est-à-dire sans remontée de la température ;

Ces trois règles s'appellent le trépied de froid.

- *Avantages et inconvénients de réfrigération et congélation de la viande* : Très coûteuse ; consomme beaucoup d'énergie ; nécessite des investissements élevés ; bonne qualité, bonne valeur nutritive et bonne durée de stockage (**Brekel et al., 2005**).

II.2.3. Surgélation

La surgélation est une congélation ultra-rapide, dû à un abaissement de température à -20 °C à cœur du produit, en moins de vingt minutes (**Tourneur et al., 2001**). La surgélation permet de conserver toutes les qualités du produit et de garantir un arrêt très rapide du développement microbien (**Couvez et al., 2005**).

II.2.4. Pasteurisation

La pasteurisation est un traitement thermique pour la conservation des aliments s'invente par Louis Pasteur en 1856 par lequel un aliment est chauffé à une température définie pendant une période de temps fixée avant d'être refroidis rapidement. Les températures de pasteurisation sont inférieures à 100°C puisqu'elles varient de 70°C à 85°C (**Emilie, 2009**).

II.2.5. Stérilisation

La stérilisation est une technique destinée à éliminer tous les micro-organismes pathogènes y compris les formes sporulées et la plus part des autres germes susceptible de contaminer un produit alimentaire. Les aliments stérilisés se conservent donc à températures ambiante tant que le récipient n'a pas été ouvert et bénéficient d'une date limite d'utilisation optimale (DLUO) (**Emilie, 2009**).

II.2.6. Fumage

Le fumage ou fumaison appartient aussi au groupe des procédés les plus anciens de conservation de la viande. L'opération consiste à soumettre ce produit à l'action directe ou indirecte de la fumée issue de la combustion de certains végétaux. La méthode de fumage la plus simple consiste à traiter la viande au-dessus d'un feu ouvert. Les particules de fumée ont un effet favorable sur la saveur et la couleur du produit (**Brekel et al., 2005**).

Le séchage suivi du fumage permet de conserver la viande grâce à l'action combinée de la déshydratation et des antiseptiques contenus dans le fumé (**Darinmou, 2000**).

Le fumage est régi par deux paramètres principaux : la température et l'humidité de l'enceinte de fumage. L'humidité favorise la pénétration de la fumée (**Couvez et al., 2005**).

Selon **Brekel et al. (2005)** Il existe 3 types de fumage :

➤ *Fumage à froid*

Le produit fumé à froid n'est pas bien cuit ; il est donc sensible à l'altération et doit être conservé au froid. Sa durée de conservation n'est pas plus longue que celle du produit frais. De plus, le fumage à froid est difficile à maîtriser quand les températures ambiantes sont élevées (la température de fumage ne doit pas dépasser 30°C (86°F)).

➤ *Fumage à chaud*

Le produit est bien cuit, mais ne sèche pas ; les températures varient entre 65°C et ± 100°C (149-212°F), prolonge la durée de conservation des produits crus de deux jours au plus.

➤ *Fumage-séchage (séchage en fumoir)*

Le produit est fumé à chaud, c'est-à-dire qu'il cuit, et il sèche ensuite par continuation du fumage ; les températures varient entre 45 et 85°C (113-185°F). Le processus prend environ 12-18 heures ou même parfois plusieurs jours, selon le produit. Avant le fumage-séchage, le produit est parfois encore salé ou préséché, et même parfois les deux.

• *Avantages et inconvénients du fumage*: bon marché ; consomme peu d'énergie ; nécessite un combustible; exige peu d'équipement ; qualité et valeur nutritive raisonnables (**Brekel et al., 2005**).

II.2.7. Séchage

Le séchage est l'un des procédés les plus anciens de conservation de la viande. C'est une technique physique de conservation, qui consiste à éliminer partiellement ou totalement, l'eau contenu dans les produits frais par l'action combinée de la température, de la ventilation et de l'hygrométrie de l'air. Ce procédé présente deux intérêts principaux (**Yacouba, 2009**) :

- ✓ Diminution de l'activité de l'eau du produit traité en inhibant ainsi le développement des microorganismes et les réactions enzymatiques ;
- ✓ Diminution du poids et du volume du produit présentant une économie importante pour le conditionnement, le transport et le stockage.

II.2.7.1. Techniques de séchage de viande

Pour le séchage traditionnel de la viande, les conditions naturelles du soleil et de la circulation de l'air sont utilisées. Deux techniques de séchage peuvent être distinguées à la fois par les conditions

naturelles en vigueur, mais différent par l'impact de l'énergie solaire. Ces techniques s'appellent séchage au soleil et séchage solaire et sont décrites ci-dessous (FAO, 2010) :

➤ *Séchage au soleil*

La méthode de séchage classique de base est appelée séchage au soleil, caractérisée par un rayonnement solaire direct et une circulation d'air naturelle sur le produit. La méthode de séchage au soleil est connue pour avoir certains inconvénients, tels que l'exposition à la contamination de sources telles que, le vent, la pluie, les insectes, les rongeurs et les oiseaux.

➤ *Séchage solaire*

Contrairement au séchage au soleil, où la viande est exposée directement au soleil, la méthode de séchage solaire utilise un rayonnement solaire indirect. Le principe de la technique de séchage solaire consiste à collecter l'énergie solaire en chauffant le volume d'air dans les collecteurs solaires et en conduisant l'air chaud du collecteur à une enceinte attachée, la chambre de séchage de viande.

Dans ce système fermé, composé d'un collecteur solaire et d'une chambre de séchage de viande, sans exposition directe de la viande à l'environnement, le séchage de la viande est plus hygiénique car il n'y a pas de contamination secondaire des produits par la pluie, la poussière, les insectes, les rongeurs ou les oiseaux. Les produits sont séchés par l'air chaud uniquement. Il n'y a aucun impact direct du rayonnement solaire (soleil) sur le produit. L'énergie solaire produit de l'air chaud dans les collecteurs solaires. L'augmentation de la température dans un volume d'air donné diminue l'humidité relative de l'air et augmente la capacité d'absorption d'eau de l'air. Un flux constant d'air chaud dans la chambre de séchage circulant à travers et sur les morceaux de viande entraîne une déshydratation continue et efficace.

- *Avantages du Séchage* : bon marché ; ne consomme pas d'énergie ; nécessite peu d'équipement ; stockage à sec et/ou à l'abri de l'air ; qualité et valeur nutritive raisonnables quand le stockage est bon (Brekel et al., 2005).

II.2.8. Irradiation

Procédé inventé vers 1950, traite par des rayons gamma émis (habituellement par le cobalt 60 ou le césium 137) certains aliments. Les radiations brisent certaines liaisons chimiques dans les organismes qui contaminent la viande, réduisent ainsi le nombre des bactéries pathogènes comme la salmonelle et la trichine. Le procédé est relativement peu utilisé car il soulève des questions quant aux répercussions sur la santé (Fortin, 1996).

II.2.9. Sous vide

La technique du sous vide consiste à enlever le maximum d'air avant fermer l'emballage, ce qui permet de ralentir l'oxydation des viandes. Il baisse fortement la quantité d'oxygène disponible autour de l'aliment. Attention, cette opération n'a aucun effet sur les microbes anaérobies (**Couvez et al., 2005**).

II.2.10. Lyophilisation

Est un procédé récent qui traite la viande par congélation suivie d'une dessiccation par sublimation. C'est à dire en faisant passer l'eau de la viande de l'état de glace à l'état gazeux par un chauffage sous vide .la viande lyophilisé contient moins de 2 % d'eau (**Fortin, 1996**).

Etude expérimentale

Matériel et Méthodes

III. Matériel et Méthodes

L'intégralité de notre travail a été réalisée au niveau des laboratoires du département de microbiologie appliquée et des sciences de la nature et de la vie, Université de Jijel, durant la période Avril- Mai de l'année 2017.

III. 1. Matériel

III. 1. 1. Matériel biologique

- **Viande :** La viande utilisée pour les procédés de conservation est une viande bovine de race montbéliarde, de couleur rouge et blanche, d'âge moyen (deux ans et demi) pesant 310 kg. L'élevage a été réalisé au niveau la commune de beni Ahmed-Jijel. Le prélèvement a été fait après 24 h de l'abatage au niveau de l'abattoir communal de Rabta-Jijel, les échantillons sont prélevés de deux compartiments de la carcasse, la cuisse et l'épaule.

III. 1.2. Produits chimiques et réactifs

- **Acides et bases :** Acide chlorhydrique (HCl 0.5 N et 0.01 N), Acide acétique –chloroforme (3/2), acide borique, Hydroxyde de sodium (NaOH 0,1 N et 40 %), Hydroxyde de potassium (KOH 0,5 M), Thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), Acide sulfurique (H_2SO_4 0.05 N).
- **Alcool et autres produits chimiques :** Eau physiologique, isobutanol-éthanol, Iodure de potassium (KI), Ether de pétrole, Heptane, sulfate de potassium (K_2SO_4), sulfate de cuivre (CuSO_4), Eau distillée.
- **Réactifs:** Tashiro, Empois d'amidon, Phénolphtaléine.

III. 1.3. Appareillage et autres

- Agitateur électrique menu d'un barreau magnétique ;
- Appareil Kjeldahl , Appareil Soxhelt ;
- Bain-marie (Memmert) ;
- Balance (KERN EMB 600), (Optika) et balance analytique (Kernals 220.4N) ;
- Dessiccateur ;
- Evaporateur rotatif ;
- Four à moufle maintenue à 550 °C ;
- Etuves électrique maintenue à 100 °C, 105° C (Memmert) ;
- Micropipettes de 100 à 1000 μl (Microlit)
- pH mètre (Hanna) ;
- Réfrigérateur et congélateur (Condor) .

III. 2. Méthodes

III.2.1. Techniques de conservation des échantillons de viande

Pour la réalisation des différents échantillons de viande, nous avons choisis quatre techniques de conservation à savoir : le séchage, le fumage, la réfrigération et la congélation (figure3). Pour chaque technique, nous avons suivies des étapes de préparation, tout en respectant l'ajout des ingrédients en quantité précise :

- Séchage : 250 g de viande + 20 g de NaCl ;
- Fumage : 250 g de viande + 20 g de NaCl + 5 g de sucre + 312 mg de KNO₃ ;
- Réfrigération à 4 °C et Congélation à -18 °C : Aucun ingrédient n'a été ajouté, directement conservé après l'emballage.

La période de conservation des échantillons de viande été limitée à 15 jours. Nous avons consacré deux temps pour la réalisation des analyses physico-chimique : **T₀** et **T₁₅** jours.

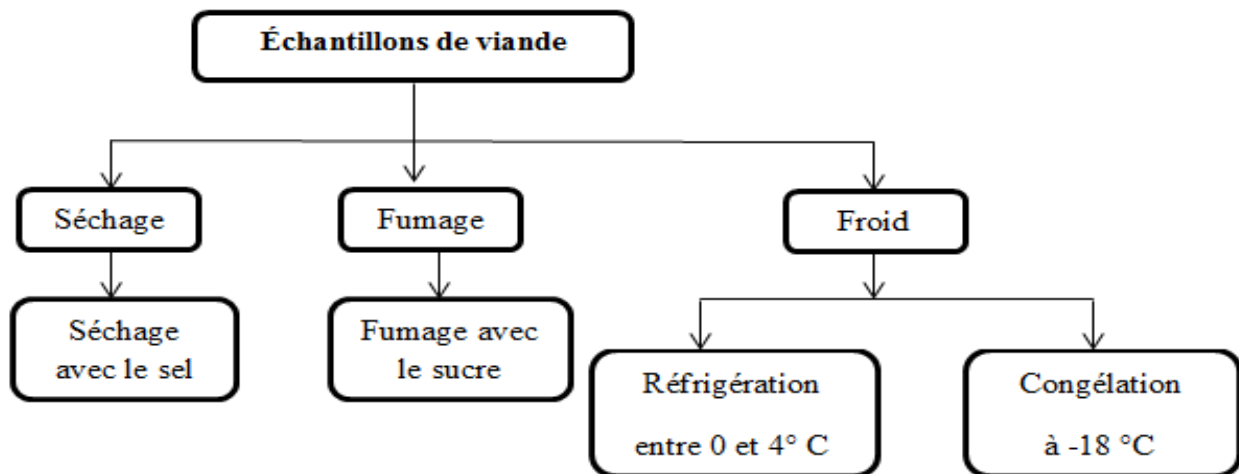


Figure 03 : Principe de la conception expérimentale.

III.2.1.1. Préparation de la viande séchée salée

- **Etape 1: nettoyage / découpage**

Avant le salage il faut laver la viande avec de l'eau ensuite la découper en longs morceaux d'environ 1 cm d'épaisseur pour faciliter la pénétration du sel.

- **Etape 2 : salage**

Saupoudrer le sel des deux côtés des morceaux et Laissez au repos environ 30 minutes.

- **Etape 3 : séchage**

Suspendre les morceaux de viande sur une corde à linge propre, laisser sécher au soleil pendant 15 jours.

Condition de séchage

Le séchage au soleil a été réalisée entre 9 :00 h jusqu'à 18 :00 h pendant les 15 jours. Les températures moyennes quotidiennes au cours de cette période étaient de 18°C- 25°C et l'humidité relative entre 60% - 65 %.



Photo 01: Echantillon de viande séchée (Vs).

III.2.1.2. Préparation de la viande fumée

- **Etape 1: Nettoyage / découpage**

Lavez la viande dans de l'eau propre, ensuite découpée la en tranches d'environ 10 cm de largeur et 1 cm d'épaisseur.

- **Etape 2:** Saupoudrer la viande avec le sucre, le sel et le KNO_3 .

- **Etape 3: Préparation du fumoir**

Afin de produire de la fumée, entassez de la sciure et les herbes (basilic, lavande, eucalyptus, Thym) et le bois dans le foyer producteur de fumée puis allumez. La viande doit être entièrement en contact avec la fumée. Pour cela : suspendez la viande verticalement au-dessus du feu, ainsi que toute la surface du morceau à fumer.

- **Etape 4: Fumage de la viande**

Laisser la viande dans le fumoir (environ 3heures), la retourner à mi cuisson. La fin de fumaison est marquée par une couleur sombre.



Photo 02 : Echantillon de viande fumée (Vf).

III.2.1.3. Préparation de la viande réfrigérée

- Laver la viande avec l'eau potable ;
- Découper la viande en tranches ;
- Entreposer la viande dans la partie la plus froide du réfrigérateur entre 0 et 4° C.



Photo 03 : Echantillon de viande réfrigérée (Vr).

III.2.1.4. Préparation de la viande congelée

- Le lavage et le découpage de la viande se fait de même manière que la viande réfrigérée ;
- Mettez les morceaux de viande dans des sachets pour la congélation. Séparez les morceaux pour qu'ils soient congelés individuellement. Il vous sera alors plus facile de décongeler le nombre de morceaux approprié ;
- Placez la viande dans le congélateur (-18° C).



Photo 04 : Echantillon de viande congelée (Vc).

III.2.2. Analyses physicochimiques

III.2.2.1. Détermination du pH

Le pH a été déterminé en utilisant un pH- mètre préalablement étalonné par des solutions tampon pH 4 et pH 7. Un gramme du broyat de l'échantillon a été mis en suspension dans 10 ml d'Eau physiologique. L'électrode a été trempée et la valeur du pH a été lue à 25 ° C (AOAC, 1995).

III.2.2.2. Détermination de l'acidité titrable

Pour la réalisation de cette manipulation, 5 g de chaque échantillon ont été homogénéisés dans 50 ml d'eau distillée. Le broyat a été filtré sur du papier filtre Whatman N °1 pour préparer l'aliquote .Cette dernière a été titrée sous agitation par la solution d'hydroxyde de sodium (0,1 N), en utilisant une solution à 0,1 % de phénolphaléine comme indicateur. Le volume de NaOH (0,1 N) par gramme d'échantillon utilisé était exprimé par l'acidité titrable. L'acidité exprimée en acide citrique, est donnée par la relation suivante (Capita et al., 2006) :

$$\text{Acidité \%} = V \times 0.9$$

Avec :

v : volume de la solution d'hydroxyde de sodium 0.1 N utilisé (en ml).

III.2.2.3. Détermination de la matière sèche

2g de chaque échantillon coupé est pesé dans un creuset en porcelaine préalablement taré.il est ensuite mis à l'étuve à 105°C jusqu'à l'obtention d'une masse constante puis refroidi dans un dessiccateur en présence de sulfate de barium anhydre 2h (Foret, 2011). Le pourcentage de matière sèche est déterminé par la relation :

$$\%MS = m_{\text{sec}} / m_i \times 100$$

Avec :

m_i : la masse d'échantillon initial (g).

m_{sec} : la masse d'échantillon sec (g) après passage dans l'étuve à 105 °C.

III.2.2.4. Détermination de l'humidité

2g de chaque échantillon coupé est pesé dans un creuset préalablement séché (1h à 100°C) .placer le creuset dans l'étuve à 100°C-105°C pendant 24h. Après séchage, retirer le creuset et le refroidi dans un dessiccateur le séchage et le refroidissement sont répétés jusqu'à ce que de deux espaces consécutives soit identique (AOAC, 2000). Le pourcentage de l'humidité est déterminé par la relation :

$$\% H = \text{perte du poids} / \text{poids initial de l'échantillon} \times 100$$

III.2.2.5. Détermination de la matière minérale

Pour la réalisation de cette manipulation, 2g de chaque échantillon coupé est pesé dans des creusets préalablement séchés et tarés. Les creusets sont placés dans un four à moufle à 550°C jusqu'à l'obtention de la couleur gris des cendre (AOAC, 2000). Le pourcentage de la matière minérale est déterminé par la relation :

$$\%MM = \text{poids de résidu} / \text{poids initial de l'échantillon} \times 100$$

III.2.2.6. Calcul de la matière organique

Elle est déterminée en se basant sur les résultats de la matière minérale en appliquant la formule suivant (AOAC, 2000) :

$$MO (\%) = MS - MM$$

III.2.2.7. Indice d'Acide (Ia)

Pour déterminer l'indice d'acide, la technique décrite par **Perrier et al. (1997)** a été appliquée : Une prise d'essai (p) de 10 g de chaque échantillon a été introduite dans un Erlen Meyer de 150 ml, celle -ci a été dissoute dans un mélange de 10 ml de solvant isobutanol-éthanol en plus de 10 ml de potasse alcoolique introduits successivement à l'aide d'une pipette graduée .Par la suite ,5gouttes de la solution de phénol phtaléine ont été ajoutées.

La titration a été faite sous agitation en versant goutte à goutte la solution 0,5 N d'acide chlorhydrique jusqu'à décoloration .Une réaction à blanc a été effectuée en parallèle dans les mêmes conditions mais sans matière grasse pour titrer la potasse en jeu.

L'indice d'acide est calculé comme suit :

$$Ia \text{ (mg de KOH/g)} = (V_{\text{HCL témoin}} - V_{\text{HCL essai}}) \times N \times PM_{\text{KOH}} / p$$

Avec :

- $V_{\text{HCL témoin}}$: volume d'HCL titrant pour le blanc (ml) ;
- $V_{\text{HCL essai}}$: volume d'HCL titrant pour l'essai (ml) ;
- P : prise d'essai (g) ;
- N : normalité ;
- PM_{KOH} : Masse moléculaire relative de KOH (56.1 g)/mol).

III.2.2.8. Indice de peroxyde (Ip)

Pour réaliser ce teste, 1g de chaque échantillon a été pesé dans un Erlen Meyer de 250 ml. 20 ml du mélange acide acétique -chloroforme (3/2) a été ajouté en plus de 1 ml d'une solution de KI (iodure de potassium) obtenue en dissolvant 1 g de KI dans 1ml d'eau distillée .l'Erlen Meyer bouché et mélangé a été placé à l'obscurité pendant 5 mn. Par la suite, 75 ml d'eau distillée a été ajouté avec agitation. Enfin, l'iode libéré a été titré par le thiosulfate de sodium en présence d'amidon comme indicateur (20 gouttes). Un blanc a été réalisé dans les mêmes conditions .L'indice de peroxyde est exprimé par la formule (**Ndiaye, 1991**) :

$$Ip = (V2-V1) 10 \text{ (en m Eq /g d'huile)}$$

Avec :

V2 : Volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ exigé par l'échantillon ;

V1 : Volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ exigé par le blanc.

III.2.2.9. Indice de saponification (**Is**)

Pour la réalisation de cette manipulation, 25 ml de d'hydroxyde de potassium 0,5 M (KOH) a été ajouté dans un ballon contenant 5 g du corps gras. Le tout a été porté à ébullition pendant 3 heures. La phénophtaléine a été ajoutée (5 gouttes) et le mélange a été titré avec l'HCl 0,5M jusqu'à disparition de la couleur rouge. Un essai à blanc (sans échantillon) a été effectué en parallèle dans les mêmes conditions.

L'indice de saponification est donné par la formule suivante (AFNOR, 1993):

$$\mathbf{Is = (V_0 - V_1) M \times 56.1 / Ms \text{ (mg de KOH/g)}}$$

Avec:

V₀: volume d'HCl titrant pour le blanc (ml) ;

V₁ : volume d'HCl titrant pour l'échantillon (ml) ;

M: molarité d'acide chlorhydrique (mol/L) (0,4999) ;

Ms: masse de l'échantillon en (mg) ;

56.1 g/mole : Masse moléculaire relative de KOH.

III.2.2.10. Calcul d'indice d'ester (**Ie**)

Il est déterminé en se basant sur les résultats de l'indice de saponification et de l'indice d'acide en appliquant la formule suivante (Lecoq, 1965) :

$$\mathbf{Ie = Is - Ia}$$

Avec :

Ie : indice d'ester ;

Is : indice de saponification ;

Ia : indice d'acide.

III.2.2.11. Dosage des matières grasses brutes

L'échantillon restant après la détermination de l'humidité a été transféré dans une cartouche soxhlet. La cartouche a été placée dans l'appareil soxhlet en l'ayant recouvert avec du coton sec. Le ballon contenant des billes en verre qui servira à recouvrir le solvant a été pesé. 75 ml d'éther de pétrole a été ajouté au mélange graduellement. La partie supérieure de tube de l'extraction des graisses a été fixée au condenseur. L'échantillon a été porté pendant 16 heures sur le bain d'eau à 80°C. Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversement successifs causés par un effet de siphon dans le coude latéral. Comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète.

Une fois l'extraction terminée, l'éther est évaporé, généralement sur un évaporateur rotatif, et la matière grasse est pesée.

Le pourcentage de gras brut est ensuite calculé comme suite (AOAC, 2000) :

$$\% \text{ matières grasses brutes} = \frac{\text{Poids de la matière grasse}}{\text{Poids de l'échantillon}} \times 100$$

III.2.2.12. Dosage de l'azote total par la méthode de kjeldahl

La teneur en azote a été estimée par la méthode de kjeldahl, basée sur la détermination de la quantité d'azote réduit présents dans l'échantillon.

a. Minéralisation

Pour la réalisation de cette manipulation, 2 g de chaque échantillon broyé a été placé dans un matras de 250 ml contenant des billes de verre. 25 ml d'H₂SO₄ concentré et 2 g de mélange (sulfate de potassium et du CuSO₄) ont été ajouté.

Ensuite le matras a été placé sur la rampe de minéralisation, le col est placé dans le dispositif d'aspiration des vapeurs. Après chauffage du contenu du matras à feu doux dans le chambre de minéralisation, le matras a été mis en rotation pendant plusieurs heures, jusqu'à ce que la solution devient claire (couleur bleutée).

A la fin de la minéralisation, le matras a été refroidi soigneusement et 40 ml d'eau a été ajouté lentement. Le volume a été complété à 100 ml avec de l'eau distillée.

b. Distillation

5 ml d'aliquote ont été pris pour la distillation vers le ballon de l'appareil à distiller. L'allongea été ajustée au réfrigérant pour qu'elle plonge au fond d'un Erlen Meyer contenant 20 ml d'acide borique à 40 g/l et 3 à 4 gouttes d'indicateur de Tashiro . Environ 40 ml de la solution de NaOH à 40 % a été ajouté dans le ballon de distillation . Le minéralisât alcalinisé est chauffé, le NH₃ se dégage sous forme de vapeurs que l'on capte, condense et que l'on recueille pour le dosage. Lorsque l'ammoniac arrive dans l'acide borique, il alcalinise le milieu qui virera à sa teinte verte à sa teinte verte alcaline.

c. Titration

Le contenu de l'Erlen Meyer est titré avec l'HCl à 0.01 N jusqu' à ce que la couleur devienne grise sale (AOAC, 2000).

Le pourcentage en azote est donné par la formule suivante:

$$\text{Azote total (N)(\%)} = \frac{(\mathbf{VE} - \mathbf{VB}) \times \mathbf{F} \times \mathbf{0.0014} \times \mathbf{10} \times \mathbf{100}}{\mathbf{M}}$$

Avec :

V_E : Volume en ml d'HCl nécessaire pour le titrage de l'échantillon ;

V_B : Volume en ml d'HCl nécessaire pour le titrage de blanc ;

F : facteur de correction ;

100 : coefficient du pourcentage ;

10 : coefficient du pourcentage de volume totale de la solution à doser ;

M : masse en g de la prise d'essai.

III.2.2.13. Détermination de la capacité de rétention d'eau

La capacité de maintien de l'eau musculaire (CRE) a été déterminée par la méthode de la presse papier filtre. Chaque morceau de viande (1 × 1 × 1,5 cm³) a été recouvert de huit feuilles de papier filtre et pressé avec une charge de 12 kg pendant deux minutes. La capacité de retenue de l'eau a été calculée comme suit (Rahman et al., 2015).

CRE (%) = [1 - {(poids de la viande avant de presser (g) - poids de la viande après avoir pressé (g)) / (poids de la viande avant de presser (g) × teneur en humidité en gramme)}] × 100

III.2.2.14. Etude de la perte de cuisson, couleur et texture

La couleur, la texture, et la perte de cuisson de la viande fraîche ont été observées initialement avant la conservation. Ensuite, la viande conservée est réhydratés à nouveau pour juger ces paramètres dans différentes méthodes. Dans le cas de viande congelée, les paramètres ont été étudiés après décongélations des échantillons.

Pendant la période de conservation, la perte de cuisson a été déterminée seulement pour la viande congelée. Les échantillons de viande ont été dépouillés avec du papier buvard et pesés juste avant la cuisson. Après cuisson à 80°C pendant 30 min, les échantillons ont été refroidis, essuyés avec du papier buvard et pesé immédiatement. La perte de cuisson a été exprimée en pourcentage de la différence de poids de l'échantillon avant et après la cuisson (**Akter et al., 2009**).

III. 2.3. Analyse statistique des résultats

L'analyse des données a été réalisée avec les logiciels SPSS (version 21.0) [SPSS Inc., France]. Les résultats obtenus ont été soumis à l'analyse de variance (ANOVA : Analyse de Variance à un Facteur). À $P < 0,05$, la différence est considérée significative.

Résultats et discussion

IV. Résultats et Discussion

IV.1. Analyse physico-chimique

IV.1.1. Détermination du pH

Le pH de la viande est l'une de ces caractéristiques qui peut décrire la qualité de la viande (**Boudjellal et al., 2008**) C'est une mesure de la quantité d'ions hydrogène libre (H^+) dans une solution (**Leygonie et al., 2012**).

Les résultats de la mesure du pH des différents échantillons sont résumés dans la figure 04.

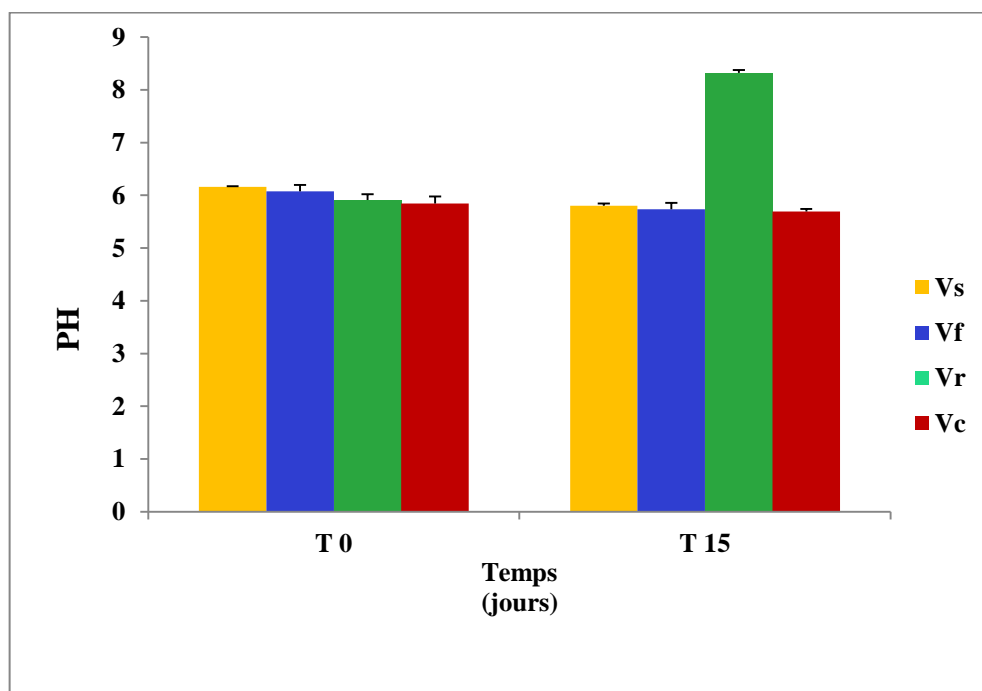


Figure 04 : Evolution du pH des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.

Comme indiqué dans la figure 04, l'évolution du pH pendant la durée de conservation pour la viande séchée (Vs), fumée (Vf), et congelée (Vc) se caractérise par une baisse négligeable de pH au cours de la période T_0 - T_{15} . Les valeurs du pH varient entre 6.16 ± 0.01 - 5.8 ± 0.04 pour l'échantillon Vs, 6.07 ± 0.12 - 5.73 ± 0.12 pour l'échantillon Vf, 5.84 ± 0.13 - 5.69 ± 0.04 pour l'échantillon Vc et 5.91 ± 0.11 - 8.32 ± 0.05 pour l'échantillon Vr qui a enregistré un pH basique après 15 jours.

D'après des études menées par **Śmiecińska et al. (2015)** « Un pH normal de bœuf de haute qualité est de 5,4 - 5,8. ». On comparant ces données à nos résultats nous constatons une augmentation du pH des échantillons Vs et Vf en T_0 . Cette augmentation peut être due à l'alcalinisation du milieu

après l'addition du sel pendant la préparation des échantillons. On outre, la diminution du pH après 15 jours dans l'échantillon Vf est due à l'ajout du sucre qui améliore la production d'acide lactique pendant le fumage et entraîne un abaissement du pH (**Akter et al., 2009**).

Selon **Lim et al. (2012)**, le temps de stockage entraîne une diminution du pH de la viande séchée, et cela est similaire à nos résultats .

On comparant entre ces données et nos résultats, nous observons une diminution du pH de l'échantillon Vc au cours de la conservation (T₀-T₁₅). La congélation provoque une dénaturation des protéines tampons, la libération d'ions hydrogène et par conséquent la diminution du pH. D'autre part, la désamination des protéines par une action microbienne ou enzymatique, avec la libération des atomes d'hydrogène (**Leygonie et al., 2012**).

L'augmentation du pH dans l'échantillon Vr peut être due à l'accumulation de métabolites bactérienne. La conservation de la viande par réfrigération provoque une augmentation progressive du pH (**Bhat et al., 2013**).

Les résultats du test ANOVA montrent que la valeur du pH des quatre échantillons de la viande n'est pas significativement différente ($P > 0.05$).

IV.1.2. Détermination de l'acidité titrable

Les acides organiques sont en général des intermédiaires des processus métabolique. Ils influencent la croissance des microorganismes et affectent la qualité de conservation des produits (**Makhloufi, 2010**).

Les résultats obtenus lors de la détermination de l'acidité titrable des différents échantillons de viande sont illustrés par la figure 05.

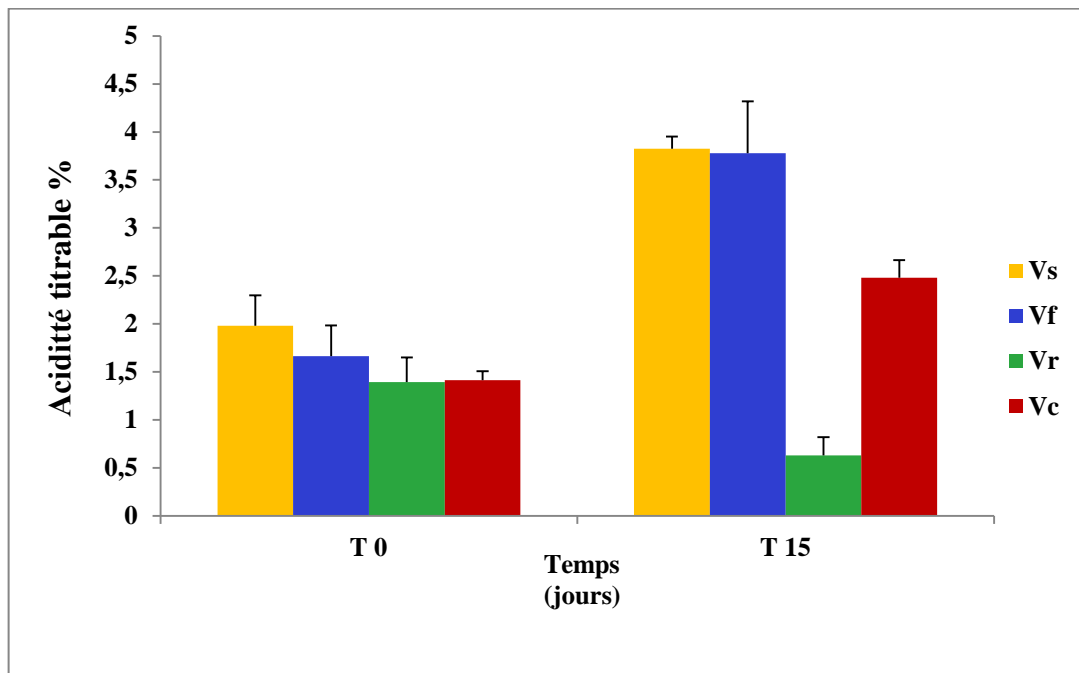


Figure 05 : Evolution de l'acidité des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.

D'après les résultats obtenus (figure 05), les valeurs moyennes de l'acidité titrable des échantillons Vs, Vc, Vf, Vr au cours de la période (T_0 - T_{15}) sont de 1.98 % \pm 0.12 à 3.82 % \pm 0.31, 1.41 % \pm 0.09 à 2.48 % \pm 0.18, 1.66 % \pm 0.31 à 3.78 % \pm 0.53, 1.39 % \pm 0.19 à 0.63% \pm 0.25 respectivement.

Il est important de savoir que l'acidité et le pH des échantillons étudiés varient de manière inversement proportionnelle (**Dudouet, 2010**).

Les résultats du test ANOVA montrent que la valeur de l'acidité des quatre échantillons de la viande n'est pas significativement différente ($P > 0.05$).

IV.1.3. Détermination de la matière sèche

Le taux de la matière sèche dépend de la teneur en eau de la viande qui est inversement proportionnel avec la matière sèche (**Benhamed, 2007**). Les résultats obtenus lors de la détermination de la matière sèche des différents échantillons de viande sont illustrés par la figure 06.

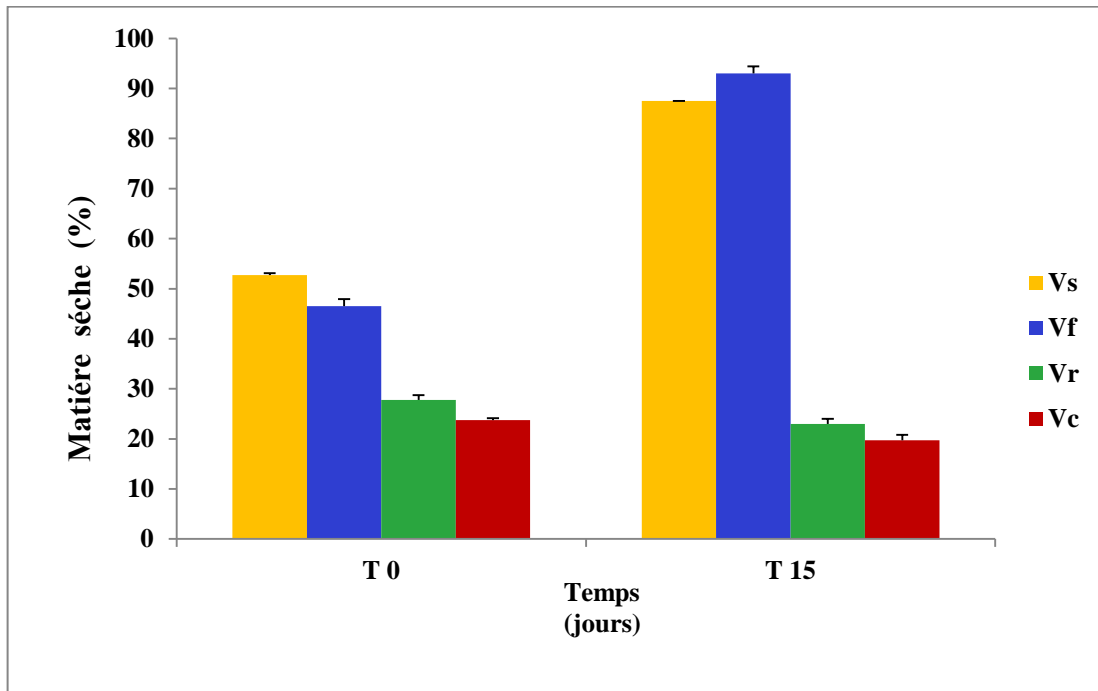


Figure 06 : Evolution de la matière sèche des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.

D'après les résultats de la figure 06, nous constatons que les valeurs de la matière sèche des échantillons Vf, Vs ont augmenté significativement au cours de la période de conservation de 46.5 % ± 1.41 à 93 % ± 1.41 et de 52.75 % ± 0.35 à 87.5 % ± 0 respectivement.

Cependant, nous observons une diminution des valeurs en matière sèche des échantillons Vr de 27.75 % ± 0.35 à 23 % ± 0.70 et Vc de 23.75 % ± 0.35 à 19.75 % ± 1.06.

La teneur en matière sèche de la viande varie entre 25,6 à 29.9 g / 100 g de tissu frais cru, elle est constituée majoritairement des protéines et des lipides (**Bauchart et al., 2010**). Les teneurs élevées en matière sèche obtenues pour les échantillons séchés et fumés sont justifiées par une grande quantité d'eau évaporée.

D'après **Descrosier et Descrosier (1987)** et **Ikeme (1990)**, la viande perd son humidité pendant le séchage ce qui entraîne une augmentation de la concentration des protéines et d'autres nutriments par unité de poids que dans leurs homologues fraîches. Ce qui est augmenté le pourcentage des solides totaux dans la composition de nos échantillons.

Les résultats de l'étude menée par **Bouras et Moussaoui (1995)** ont montré que la teneur en matière sèche de la viande varie considérablement en fonction de plusieurs facteurs tels que l'âge, le sexe les conditions d'élevage et la nutrition.

Les résultats du test ANOVA montrent que la valeur de la matière sèche des quatre échantillons de la viande est significativement différente ($P < 0.05$).

IV.1.4. Détermination de l'humidité

L'eau est le constituant majeure de la plupart des aliments bien qu'elle n'apporte aucune valeur énergétique aux aliments, son existence joue un rôle très important car elle influence la structure, l'apparence, le goût des aliments et leur susceptibilité à la dégradation (Pearson, 1976).

Les changements de l'humidité de différents échantillons de viande sont illustrés dans la figure 07.

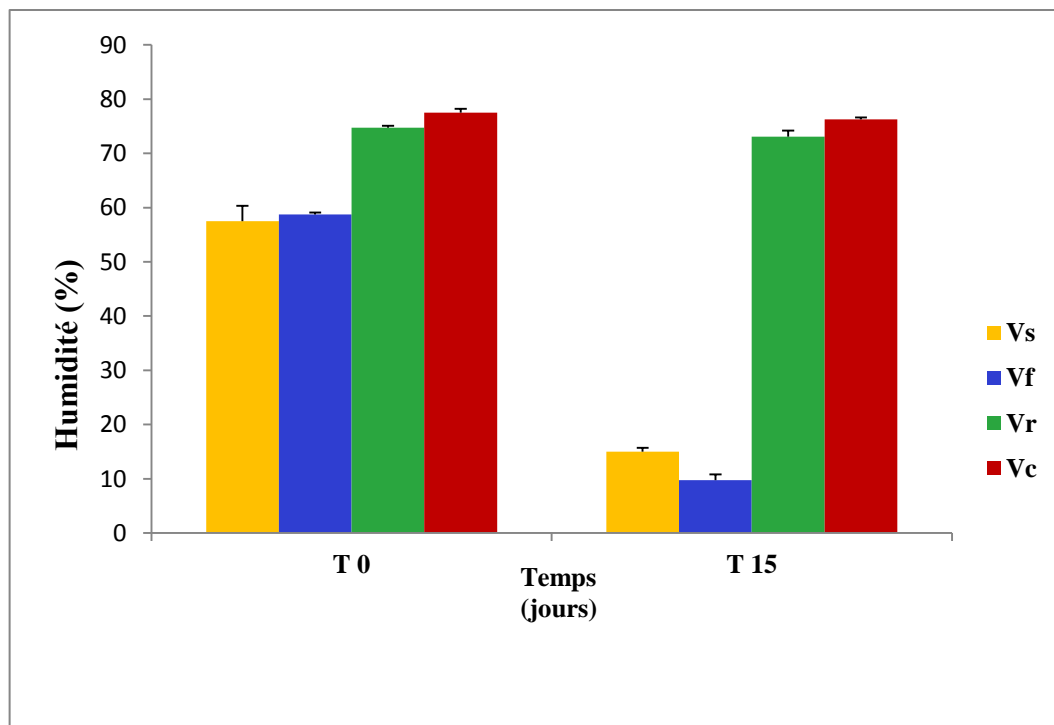


Figure 07 : Evolution de l'humidité des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.

D'après la figure 07, la teneur en eau est variable au cours du temps pour les échantillons Vf et Vs. Elle est au premier jour d'une moyenne de 58.75 % \pm 0.35, 57.5 % \pm 2,82 respectivement. Mais ces valeurs ont significativement réduits jusqu'à atteindre 9.75 % \pm 1.06 pour Vf et 15 % \pm 0.70 pour Vs. Cependant, la teneur en eau de l'échantillon Vr a diminué légèrement tout au long de la période de conservation de 74.75 % \pm 0,35 à 73.05%, \pm 1,13. De même pour l'échantillon Vc de 77.5 % \pm 0.70 à 76.25 % \pm 0.35.

D'après **Girard (1988)**, « La teneur en eau des viandes avant transformation est de l'ordre de 70 à 75 % ».

La réduction de la teneur en humidité des échantillons Vs et Vf s'explique par une évaporation de l'eau de la zone périphérique de la viande à l'air environnant qui est due à la migration continue de l'eau des couches profondes de la viande vers la zone périphérique (**FAO, 1990**). Le séchage a pour but de réduire la teneur en eau afin de favoriser la conservation du produit ayant préalablement subi un salage (**Knockaert, 1990**).

L'étude menée par (**Cruz et al., 2003**) et (**Aktas et Gürses, 2005**) a montré que les techniques de transformation comme le fumage, les conditions de préparations ainsi que le taux de sel et de l'ensemble des ingrédients ajoutés conditionnent la teneur en eau du produit fini .

Les produits à base de viande fumée présentent habituellement une faible teneur en eau (**Petit et al., 2014**).

Genot (2000), rapporte que les pertes en eau par évaporation lors de la congélation représentent généralement de 0.5 à 1.2 % de la masse du produit et peuvent atteindre 5 %. Ces valeurs sont similaires à nos résultats. Au cours de la congélation, la glace située à la périphérie du produit se sublime entraînant sa déshydratation superficielle. Cette perte en eau, favorisée par la ventilation, est proportionnelle à la durée de l'entreposage et à la surface exposée.

La perte en humidité pendant le stockage réfrigéré, peut s'expliquer par le fait que la viande a perdu son humidité de surfaces, ce qui entraîne une perte de poids appelée rétrécissement (**Endress et al., 2006**).

Les résultats du test ANOVA montrent que la valeur de l'humidité des quatre échantillons de la viande est significativement différente ($P < 0.05$).

IV.1.5. Détermination de la matière minérale

La cendre est le résidu inorganique d'un produit après que la matière organique a été enlevée en la brûlant. Les cendres peuvent contenir une variété de composés inorganiques, y compris l'oxyde, les sulfates, les silicates, les chlorures et le sel commun (chlorure de sodium) qui est un composant majeur de la cendre dans de nombreux produits à base de viande transformée (**Perez et andujar, 1980**).

La teneur en cendre de nos échantillons conservés par différentes méthodes dans différents intervalles du temps est présentée dans la figure 08.

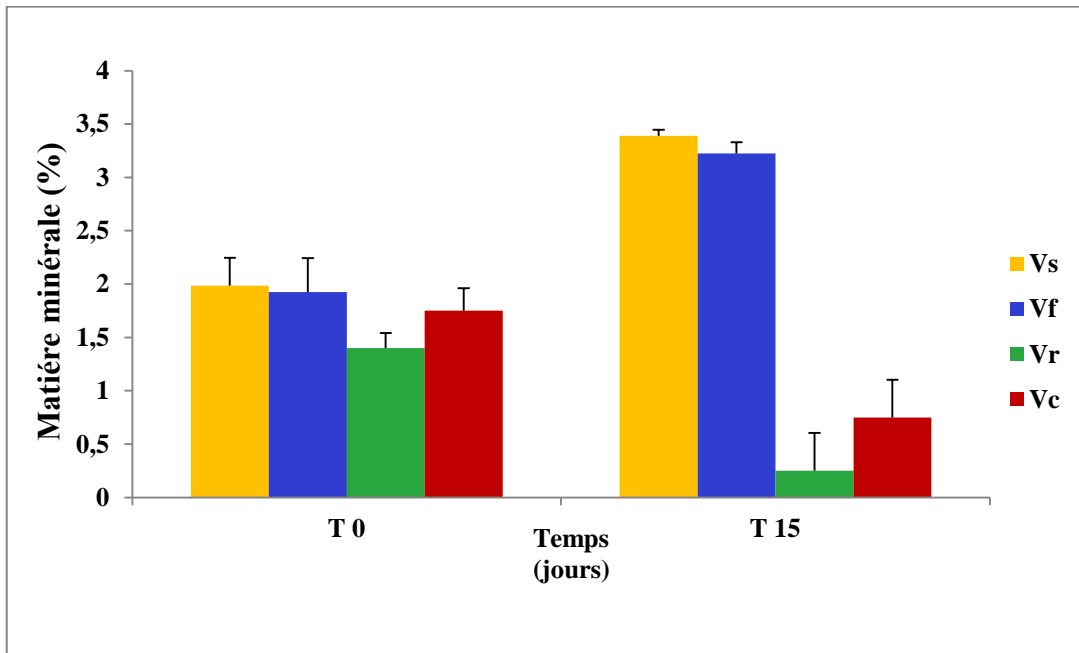


Figure 08 : Evolution du taux de cendres des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.

En se référant à la figure 08, nous constatons une augmentation des taux de cendres pour les échantillons : Vs de 1.98 % ± 0.26 à 3.39 % ± 0,05 et Vf de 1.92 % ± 0.31 à 3.22 % ± 0.10 pendant la période de conservation. En revanche, nous avons constaté que le taux de cendres a progressivement diminué durant le temps de conservation pour les échantillons Vc de 1.75 % ± 0.21 à 0,75 % ± 0,35 % et Vr de 1.4 % ± 0.14 à 0,25 % ± 0,35.

Selon **Dave et Ghaly (2011)**, la teneur en cendre de la viande fraîche de bœuf est de 1.2 %.

Par comparaison à nos résultats, cette augmentation peut être due à l'addition de sel (NaCl) dans les deux échantillons Vs et Vf, et de KNO₃ pour Vf. Ces teneurs moyennes en cendres sont en accord avec celles rapportées par **Igene et Ekanen (1985)**.

La teneur en cendres la plus élevée pour l'échantillon Vs est due à la salinité des morceaux de viande lors du séchage (**Torres et al., 1994**).

D'après **Akter et al. (2009)** la perte en cendres pendant la conservation au froid pourrait être due à la perte des minéraux volatils provenant de la viande.

Les résultats du test ANOVA montrent que la valeur de la matière minérale des quatre échantillons de la viande est significativement différente ($P < 0.05$).

IV.1.6. Calcul de la matière organique

La matière organique comprend les protéines, les graisses, les glucides et la moitié de nutriments qui constituent la majeure partie de tout produit alimentaire (**Perez et andujar, 1980**).

Les résultats obtenus du calcul de la matière organique des quatre échantillons de la viande sont représentés dans la figure 09.

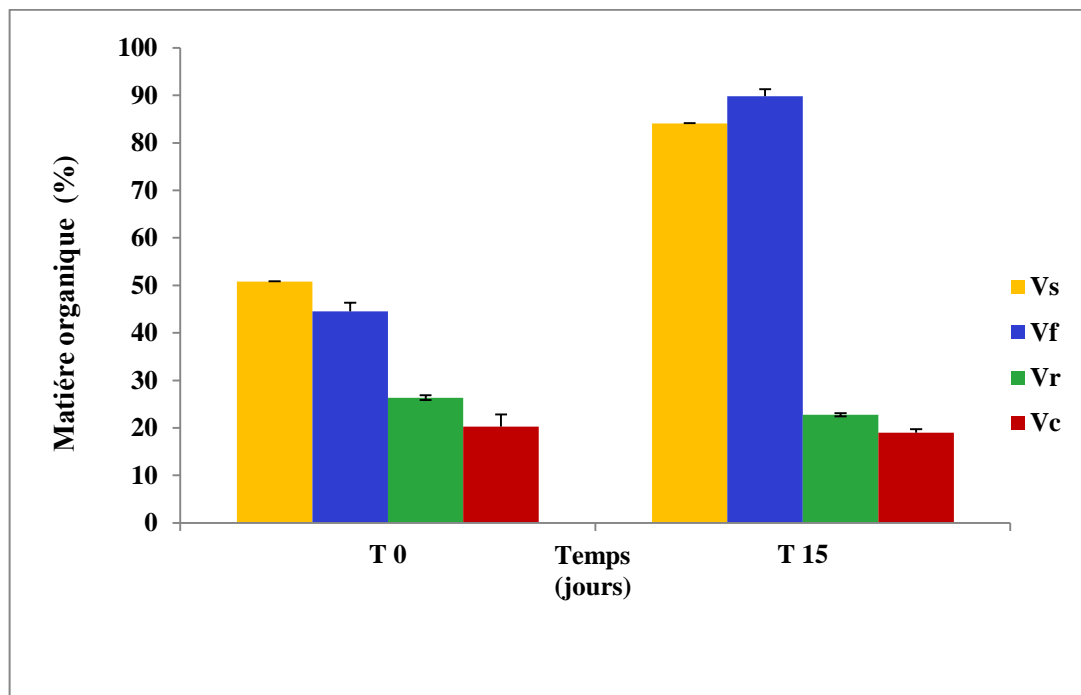


Figure 09 : Evolution de la matière organique des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.

La figure 09 montre une augmentation de la matière organique au cours des 15 jours de conservation pour les échantillons : Vs de 50.76 % ± 0.09 à 84.11 % ± 0.05, Vf de 44.56 % ± 1.75 à 89.77 % ± 1.52 et Vr de 26.35 % ± 0.49 à 22.75 % ± 0.35. En revanche une diminution de la matière organique dans échantillon Vc a été enregistré de 20.30 % ± 2.54 à 19 % ± 0.70.

IV.1.7. Indice d'Acide

L'indice d'acide permet de mesurer les graisses libres comme indication de la rancidité hydrolytique (**Gheisari, 2011**). L'indice d'acide d'une matière grasse est le nombre de mg d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire pour neutraliser les acides gras libres (AGL) contenus dans 1 g de matière grasse (**Lecoq, 1965**).

Les valeurs de l'indice d'acide des différents échantillons de la viande ayant fait l'objet de notre étude sont données dans la figure 10.

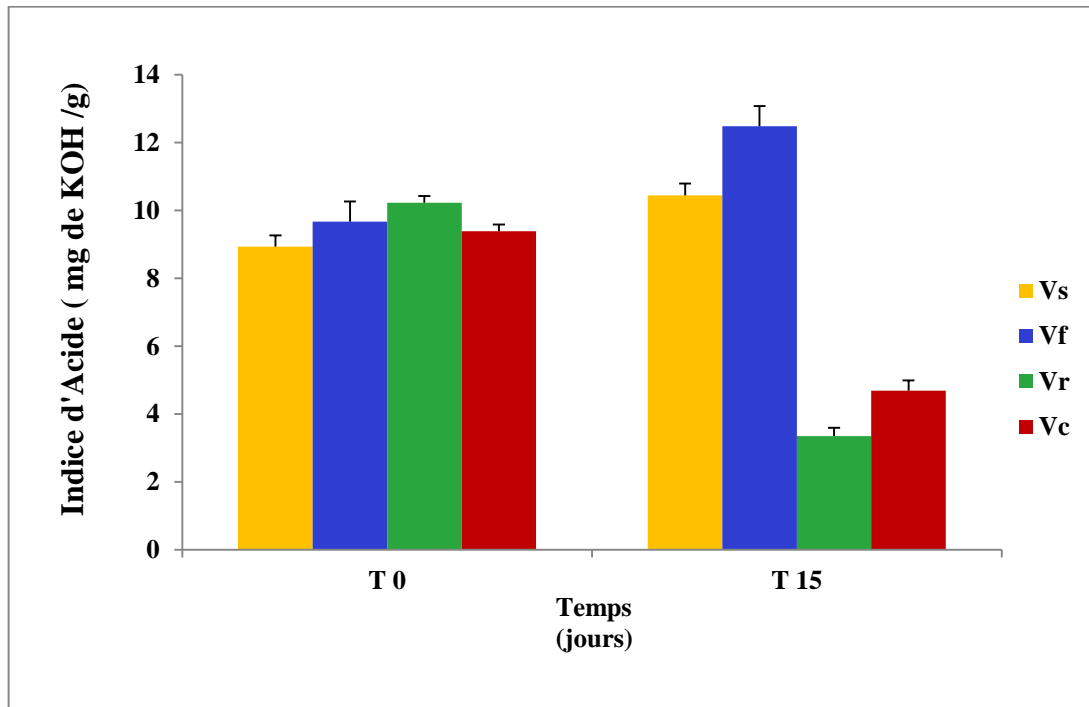


Figure 10 : Evolution de l'indice d'acide des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.

D'après la figure 10, les résultats enregistrés pour l'indice d'acide des échantillons Vf et Vs ont enregistré des valeurs de : 9.67 ± 0.59 à $12.48 \text{ mg de KOH /g} \pm 0,59$ et de 8.93 ± 0.33 à $10.44 \text{ mg de KOH} \pm 0,35$ respectivement. Ces dernières sont supérieures à ceux des échantillons Vc de 9.39 ± 0.19 à $4.69 \text{ mg de KOH /g} \pm 0,29$ et Vr de 10.23 ± 0.19 à $3.34 \text{ mg de KOH /g} \pm 0,24$. Cette différence peut être due à la teneur en acide gras libres de chaque échantillon.

Rahman et al. (2014) ont rapporté que l'activité des enzymes lipolytiques et l'autooxydation des lipides peuvent être partiellement inhibées pendant le stockage congelé de la viande ce qui entraîne une réduction des acides gras libre.

Jummai et al. (2016) ont indiqué que les valeurs en acide gras libre pour des échantillons de viandes réfrigérés étaient supérieures à celles des échantillons de viande congelés en raison de la température de conservation qui est plus élevée, ce qui favorise l'activité bactérienne.

D'après **Ezembu et Onwuka (2015)**, l'augmentation significative des acides gras libres dans l'échantillon Vf est probablement due à la température du fumage.

Les résultats du test ANOVA montrent que la valeur d'indice d'acide des quatre échantillons de la viande n'est pas significativement différente ($P > 0.05$).

IV.1.8. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est l'un des tests les plus utilisés pour évaluer la rancidité oxydante. La valeur du peroxyde est une mesure de la concentration des peroxydes et des hydroperoxydes formés aux premiers stades de l'oxydation des lipides (Gheisari, 2011).

Les résultats obtenus lors de la détermination de l'indice de peroxyde des différents échantillons sont présentés dans la figure 11.

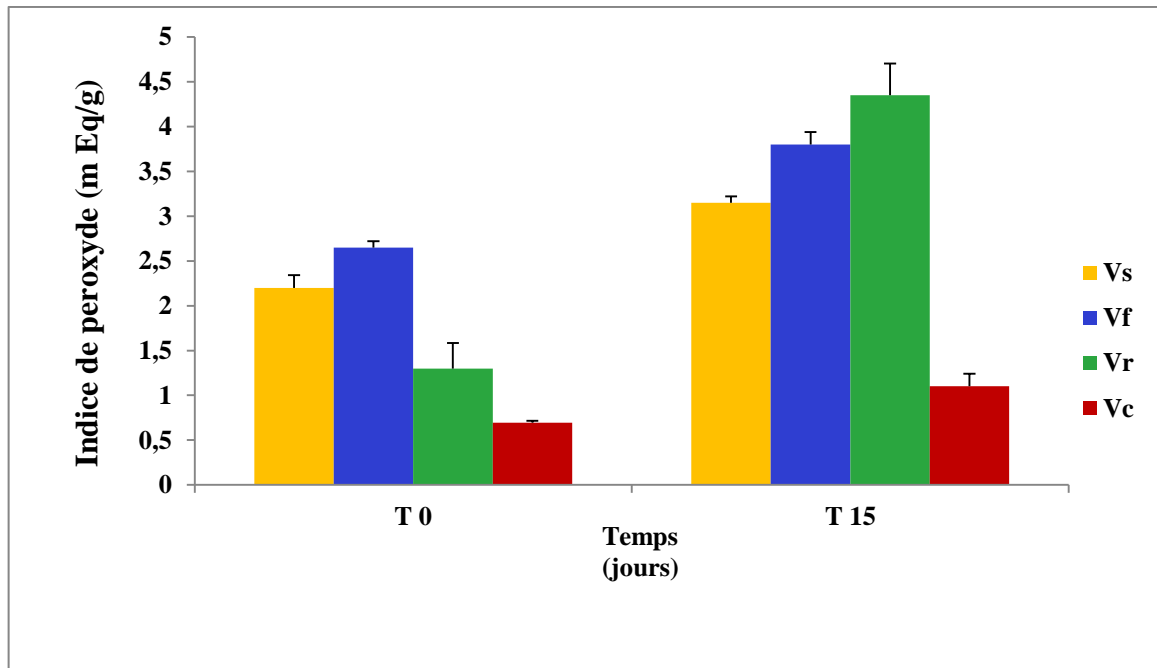


Figure 11 : Evolution de l'indice de peroxyde des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.

Selon les résultats présentés par la figure 11, nous constatons une augmentation de l'indice de peroxyde dans les quatre échantillons au cours de la période de conservation. Les valeurs de l'indice de peroxyde entre T₀ et T₁₅ jours sont de : 2.2 ± 0.14 à $3.15 \text{ mEq/g} \pm 0.07$ pour Vs, 2.65 ± 0.07 à $3.8 \pm 0.14 \text{ mEq/g}$ pour Vf, 0.69 ± 0.07 à $1.1 \text{ mEq/g} \pm 0.14$ pour Vc et 1.3 ± 0.28 à $4.35 \text{ mEq/g} \pm 0.35$ pour Vr.

Une étude similaire à nos résultats, a considéré aussi que les valeurs de peroxyde augmentent avec le temps de stockage réfrigéré (Gheisari et Eskandari, 2013)

Les résultats obtenus indiquent qu'il y a une formation d'une faible quantité de peroxydes dans l'échantillon Vc. Selon Rahman et al., (2015), la quantité de peroxydes pendant le stockage congelé de la viande de bœuf pourrait être réduite par rapport au stockage réfrigéré.

L'analyse de l'indice de peroxyde montre que le séchage utilisé a induit une forte oxydation des lipides, la température élevée pendant le séchage au soleil pourrait être la cause.

Selon **Huong (2014)**, l'augmentation des niveaux de l'indice de peroxyde de l'échantillon Vf est probablement due à la température du fumage et à la teneur élevée en acides gras insaturés.

Les produits primaires d'oxydation conduisent à des produits secondaires (type aldéhydes, cétones acides ...) qui peuvent modifier des caractéristiques organoleptiques des produits alimentaires en développant un goût de « rance » (**Tom, 2015**).

Les résultats du test ANOVA montrent que la valeur d'indice de peroxyde des quatre échantillons de la viande n'est pas significativement différente ($P > 0.05$).

IV.1.9. Indice de saponification

L'indice de saponification représente le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium ou l'hydroxyde de sodium nécessaire pour saponifier 1 g de la graisse dans les conditions spécifiées (**Sharma et al., 2013**).

Les résultats obtenus lors de la détermination de l'indice de saponification des différents échantillons sont présentés dans la figure 12.

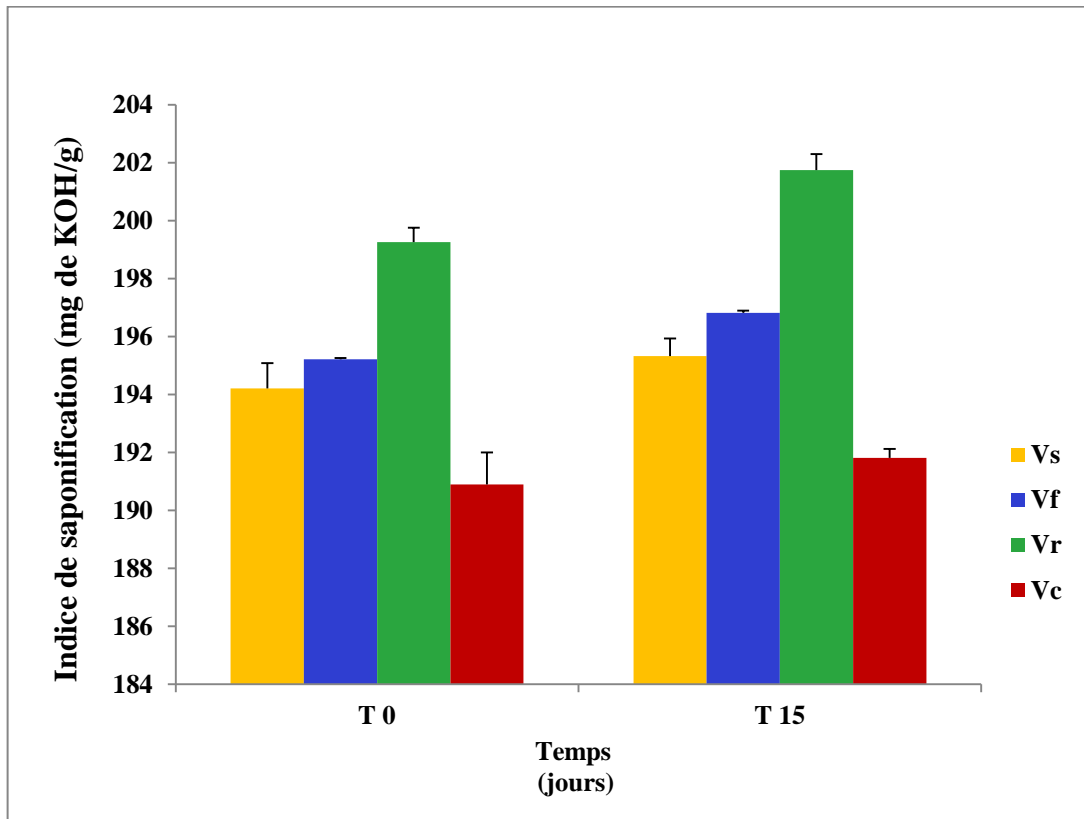


Figure 12 : Evolution de l'indice de saponification des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.

Les résultats obtenus (figure 12) indiquent que les valeurs de l'indice de saponification ont augmenté au cours de la période T₀-T₁₅ jours pour tous les échantillons : Vs de 194.21 ± 0.86 à 195.33 mg KOH/g ± 0.60, Vf de 195.21 ± 0.04 à 196.81 mg KOH/g ± 0.07, Vr de 199.26 ± 0.49 à 201.74 mg KOH/g ± 0.55 et Vc 190.89 ± 1.11 à 191.81 mg KOH/g ± 0.30.

Nos résultats sont proches à ceux trouvé par **Flavia et al. (2014)**, qui ont enregistré une augmentation d'indice de saponification pendant le stockage congelé et réfrigéré. L'oxydation et l'hydrolyse des lipides, formant des aldéhydes et des cétones comme produits finis ou acides gras libres. Il est possible que les aldéhydes et les cétones formés puissent contribuer à l'augmentation de l'indice de saponification.

Des valeurs faibles de l'indice de saponification sont inversement proportionnelles avec la longueur de la chaîne des acides gras ; parce qu'ils ont un petit nombre de groupes fonctionnels carboxyliques par unité de masse de la matière grasse par rapport aux acides gras à chaîne courte (**Sharma et al., 2013**).

Les résultats du test ANOVA montrent que la valeur d'indice de saponification des quatre échantillons de la viande n'est pas significativement différente (P>0.05).

IV.1.10. Calcul de l'indice d'ester

Les résultats obtenus lors du calcul de l'indice d'ester des différents échantillons sont présentés dans la figure 13.

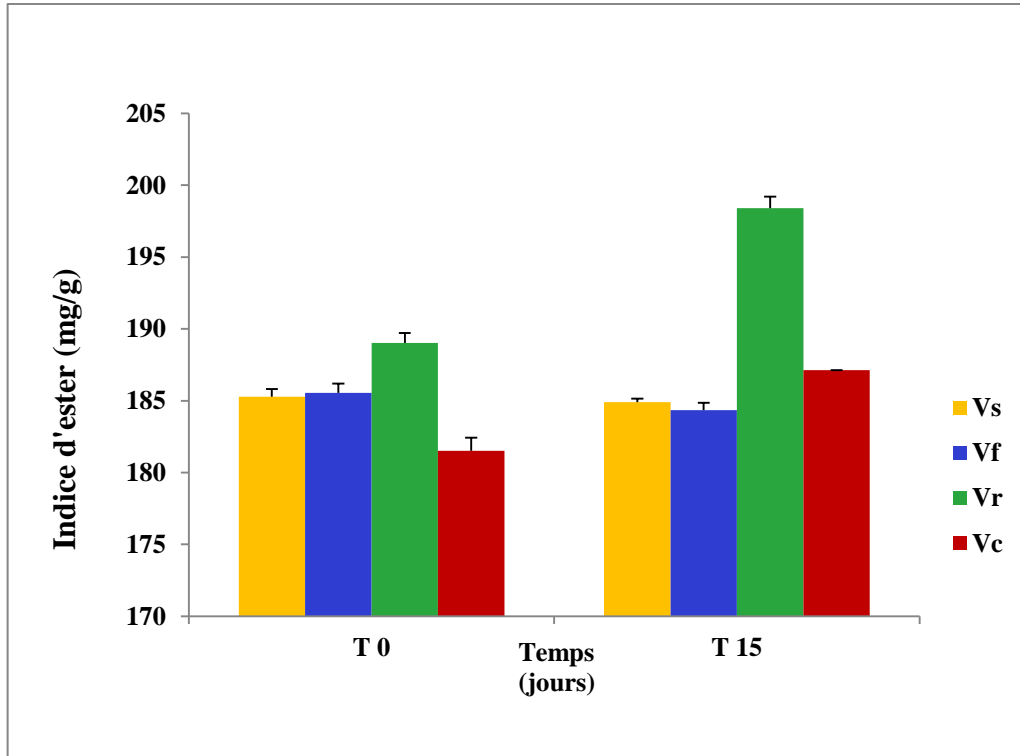


Figure 13: Evolution de l'indice d'ester des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.

Le calcul de l'indice d'ester à partir des résultats de l'indice de saponification et l'indice d'acide, a montré que les valeurs de cet indice ont augmenté durant la période de conservation pour deux échantillons Vr de 189.03 ± 0.69 à $198.4 \text{ mg/g} \pm 0.80$ et Vc de 181.58 ± 0.91 à $187.12 \text{ mg/g} \pm 0.01$. Alors qu'une diminution de cet indice a été enregistrée dans les échantillons Vs 185.28 ± 0.58 à $184.89 \text{ mg/g} \pm 0.25$ et Vf de 185.54 ± 0.64 à $184.33 \text{ mg/g} \pm 0.51$.

IV.1.11. Dosage de la matière grasse brute

Les résultats du dosage de la matière grasse des différents échantillons de viande sont illustrés dans la figure 14.

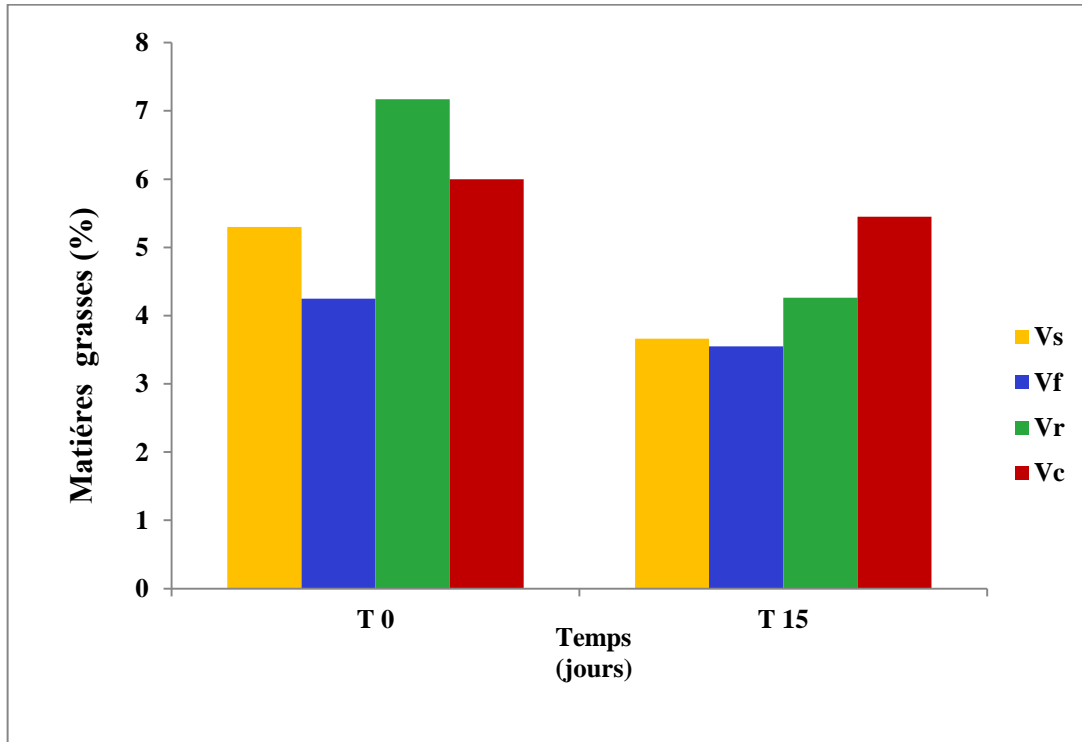


Figure 14 : Evolution de la matière grasse brute des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.

D'après la figure 14, nous observons que la quantité de graisse a diminué progressivement dans les différentes méthodes de préservation au cours du temps. La grande diminution a été observée dans l'échantillon Vr 7.17 -4.26%, suivi par Vs 5.3-3.66%, Vf 4.25-3.55% et Vc 6 - 5.45 %.

La teneur en lipides est le paramètre le plus variable de la composition de viande fraîche (de 2.3 à 8.7 g /100 g) (**Bauchart et al., 2010**).

Dans l'échantillon Vf, la faible diminution de la matière grasse est due à la présence de KNO_3 , et le glucose qui pourrait empêcher l'oxydation. Le nitrite agit comme un antioxydant; ce qui empêche la rancidité des graisses (**Akter et al., 2009**).

La perte minimale de graisse dans l'échantillon Vc, indique que ce serait une bonne méthode pour maintenir la qualité de la viande. La cryoconservation empêche l'oxydation des graisses (**Akter et al., 2009**).

Selon Akter et al. (2009), l'oxydation des graisses a augmenté linéairement pendant le stockage réfrigéré.

La diminution de la graisse est due à l'oxydation des acides gras. En outre, l'activité enzymatique et la contamination microbienne pourrait influencer la dégradation des lipides (Akter et al., 2009).

Les résultats du test ANOVA montrent que la valeur de la matière grasse des quatre échantillons de la viande est significativement différente ($P < 0.05$).

IV.1.13. Dosage de l'azote total par la méthode de kjeldahl

Les résultats de la teneur en protéines des différents échantillons de viande sont légendés dans la figure 15.

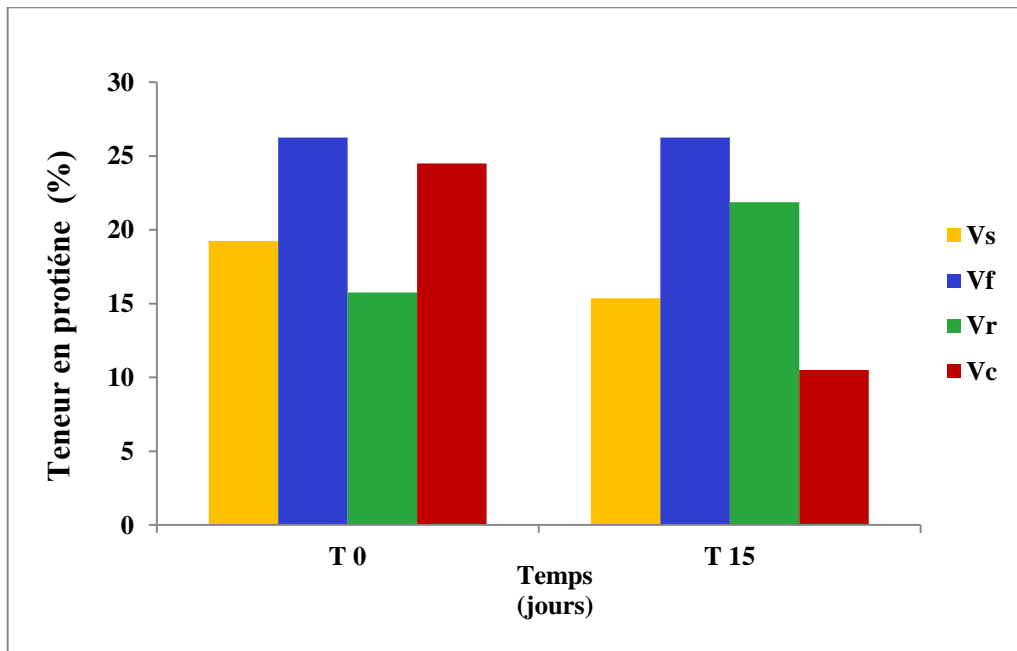


Figure 15 : Evolution de la teneur en protéines des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.

D'après la figure 15, nous constatons que la teneur en protéines de l'échantillon Vc a diminué significativement au cours du temps de 24.8 % pour atteindre une valeur de 10.5%. Cette perte de protéines peut être liée à la perte de protéines sarcoplasmiques (protéines solubles dans l'eau), probablement en raison de l'osmose et de la faible capacité de rétention d'eau.

Selon Salifou et al. (2013), la teneur initiale en protéines de bœuf frais est de 20-24 g de protéines par portion de 100 g.

Par comparaison à la valeur initiale, l'échantillon Vr a enregistré une augmentation remarquable de la teneur en protéine de l'ordre de 15.75 % à T₀ jusqu'à 21.87 % à T₁₅. Une étude menée par **Agunbiade et al. (2010)** proclame que cette augmentation est due à la synthèse de protéines provenant de substances azotées non protéiques par des microorganismes résidents. Les microorganismes proliférant dans la niche écologique de la viande à la phase de croissance et de mort, eux-mêmes protéinés, peuvent également provoquer une augmentation des protéines brute dans la viande.

La teneur en protéines de l'échantillon Vf reste stable tout au long de la période de conservation en enregistrant une valeur de 26.25 %.

Concernant l'échantillon Vs, la teneur en protéine a connu une légère diminution, de 19.25 % à 15.37 %. Cette perte de protéines pendant le séchage pourrait être due à la dénaturation de protéines pendant le séchage au soleil. Une protéolyse pourrait également être survenue en raison de la présence de certaines bactéries dans la viande séchée salée (**Akter et al., 2009**).

Les résultats du test ANOVA montrent que la teneur en protéines des quatre échantillons de la viande est significativement différente ($P < 0.05$).

IV.1.13. Détermination de la capacité de rétention d'eau

La capacité de rétention d'eau est la capacité de la viande à conserver sa propre humidité même si les pressions extérieures comme la gravité, le chauffage et la centrifugation sont appliqués (**Huff-Lonergan et Lonergan, 2005**).

Les valeurs de la capacité de rétention d'eau des différents échantillons de la viande ayant fait l'objet de notre étude sont données dans la figure 16.

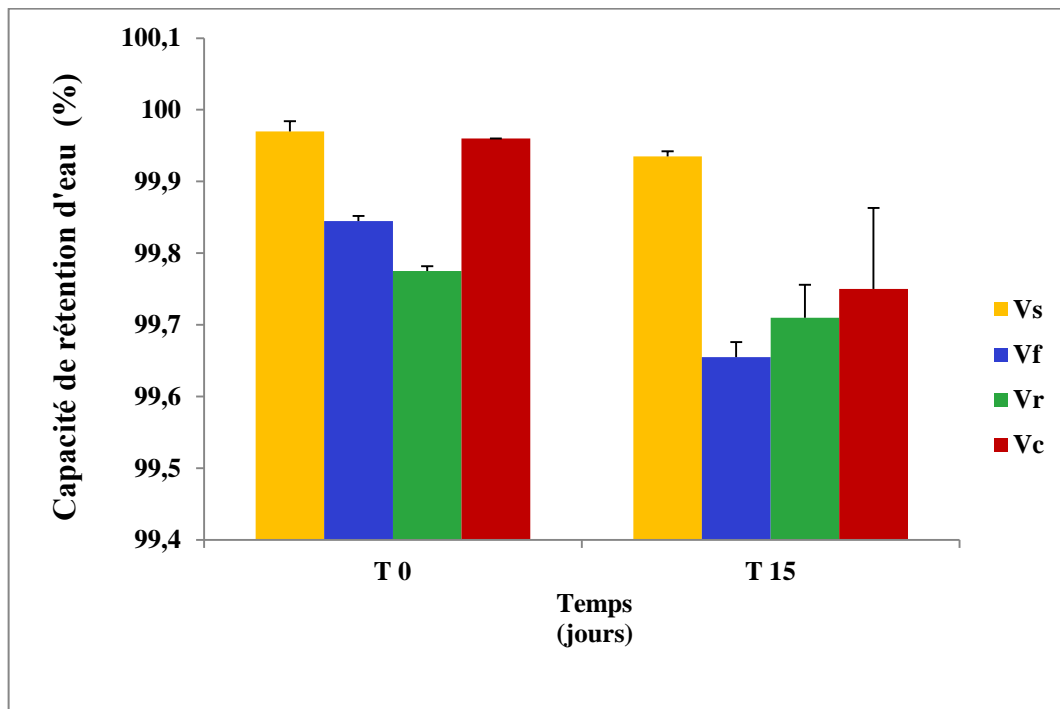


Figure 16: Evolution de la capacité de rétention d'eau des quatre échantillons de la viande pendant la période de conservation.

En se référant à la figure 16, nous constatons une légère diminution de la capacité de rétention d'eau pour les échantillons : Vs de 99,97 % ± 0,01 à 99,93 % ± 0,01, Vf de 99,84 % ± 0,01 à 99,65 % ± 0,02, Vc de 99,96 % ± 0 à 99,75 % ± 0,11 et Vr de 99,77 % ± 0,01 à 99,71 % ± 0,04.

(**Rahman et al., 2014**) ont trouvé que la congélation et la décongélation contribuent à une diminution de la capacité de rétention d'eau de la viande.

La morphologie de la glace dans le tissu congelé et la taille des cristaux formés dans les espaces intra ou extracellulaires sont particulièrement importantes, ce qui provoque un changement de la capacité de rétention d'eau du muscle lorsqu'il est décongelé (**Endress et al., 2006**).

Une viande ayant une bonne capacité de rétention d'eau permet de limiter les pertes de poids au cours de sa conservation et de sa transformation en produits cuits. Cette aptitude dépend de la manipulation et de l'état de la viande. L'eau est retenue dans la viande principalement par les protéines myofibrillaires par capillarité. Les modifications de la capacité de rétention d'eau s'expliquent souvent par des modifications des protéines myofibrillaires (**Salifou et al., 2013**).

En outre, la capacité de rétention d'eau de la viande est influencée principalement par la vitesse et l'amplitude de la diminution du pH post mortem, la taille et la forme de l'échantillon, le traitement

de la viande lors du conditionnement, la température de cuisson, de conservation ou de congélation, l'humidité relative du local de conservation et le délai qui s'est écoulé entre l'abattage et la mesure (Salifou et al., 2013).

Les résultats du test ANOVA montrent que les valeurs de rétention de l'eau des quatre échantillons de la viande est significativement différente ($P < 0.05$).

IV.1.14. Etude de la perte de cuisson, couleur et texture

IV.1.14.1. Détermination de la perte de cuisson

La perte de la cuisson de la viande mesure la diminution de la masse de viande comestible pour la consommation humaine (Lijalem et al., 2015). La perte de cuisson est l'un des facteurs importants de la jutosité et de la texture des produits (Akter et al., 2009).

La perte de cuisson pour l'échantillon Vc pendant toute la période de conservation est illustrée dans la figure 17.

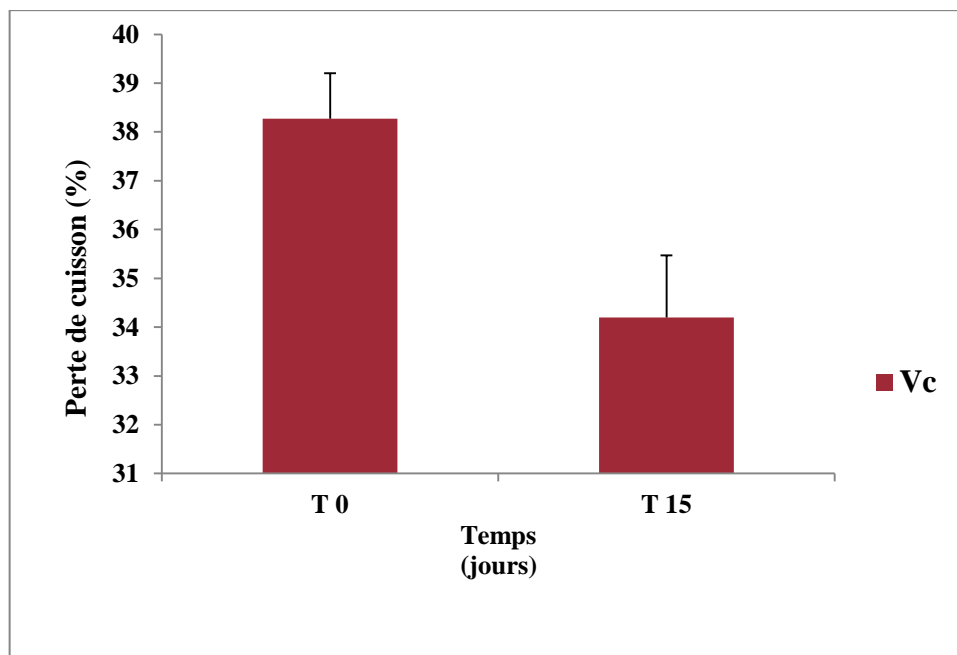


Figure 17: Evolution de la perte de cuisson de la viande congelée pendant la période de conservation.

La perte de cuisson a enregistré une valeur initiale de $38.27\% \pm 0,93$. Après T_{15} jours la valeur a diminué pour atteindre $34.2\% \pm 1,27$.

La valeur moyenne de la perte de cuisson du bœuf était moins élevée que celle rapportées par **Akter et al. (2009)** qui ont trouvé que la perte de cuisson de bœuf frais était de 40,25%.

Selon **Honikel (1998)**, les changements du tissu conjonctif ont causé une dénaturation des protéines, l'agrégation des protéines sarcoplasmiques, entraînant des pertes de cuisson dans la viande.

Les résultats du test ANOVA montrent que la valeur de la perte de cuisson des quatre échantillons de la viande est significativement différente ($P < 0.05$).

IV.1.14.1.Détermination de la couleur et de la texture

La couleur et la texture de la viande sont des principaux critères de sélection pour les consommateurs qui prennent leurs décisions d'achat, ce sont des indicateurs importants de l'aptitude au traitement de la viande. Les consommateurs utilisent la couleur comme indicateur de la fraîcheur de la viande ou même de la qualité alimentaire (**Rahman et al., 2014**).

Une étude comparative de la couleur et de la texture de la viande sous différentes méthodes de conservation est représentée dans les tableaux 01 et 02.

Tableau 01 : Evaluation des caractéristiques physique de la viande séchée et fumée au cours du stockage.

Période du temps	Séchage	Fumage
	T ₀	Couleur Marron clair Apparence lumineuse
Texture élastique		Texture élastique
T ₁₅	Couleur marron	Couleur marron foncé
	Texture dure et ferme	Texture Dure

Tableau 02 : Evaluation des caractéristiques physique de la viande réfrigérée et congelée au cours du stockage.

Période du temps	0 et 4° C	-18° C
	T ₀	Couleur rouge Apparence lumineuse
Texture élastique		Texture Dure
T ₁₅	Couleur rouge pâle, Avec l'apparition des tâches de décoloration	Couleur rouge
	Texture dure et ferme Apparence visqueuse	Texture Très dure Apparence lumineux

La couleur de la viande séchée à T₀ été marron clair, cette couleur a changé durant le temps de conservation pour devenir marron foncée. Les morceaux de viande sont devenus plus petits, plus minces en raison de la perte d'humidité. La viande est devenue dur. Le séchage a changé la forme de la viande par rétrécissement des muscles et des tissus conjonctifs.

A T₀ la couleur de la viande fumée été marron clair et d'une apparence éclatante, avec une texture ferme et élastique. Après 15 jours de conservation la couleur est devenue marron foncé avec une texture dure et friable. Ces changements peuvent être due à l'ajout du sucre qui améliore la production d'acide lactique pendant le fumage .Ce dernier provoque un abaissement du pH ce qui entraîne une modification de la couleur.

En outre, la couleur et la texture de l'échantillon Vr ont enregistré un changement apparrant pendant la période de conservation. A T₀ l'échantillon été de couleur rougeâtre a plein floraison, avec une texture élastique et d'apparence lumineuse. Cependant, à T₁₅ la couleur rougeâtre été remplacée par une couleur pale accompagnée par des pigments bleu-vert en surface de la viande .Alors que la texture été visqueuse.

Cependant l'échantillon Vc a montré une meilleure performance en matière de la couleur et de la texture pendant toute la période de conservation. La couleur rougeâtre et la texture ferme étaient caractéristiques de l'échantillon de viande pendant tout la durée de conservation.

L'apparition des pigments en surface de la viande est le signe d'une oxydation, de fait, l'oxydation de la myoglobine encore appelée « autoxydation » (**Denoyelle et Berny, 1998**).

Le changement de la couleur et de la texture de la viande réfrigérée peut être due a l'altération microbiologique et biochimique de la viande au cours de la conservation (**Rosset et al., 2002**).

La couleur rouge foncé ou rouge vif de la viande est due à l'oxymyoglobine (myoglobine oxygénée) et la couleur marron se développe en raison de la production de méthémoglobine en perdant un électron (oxydation) de myoglobine (**Akter et al., 2009**).

Conclusion

Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances relatives à la qualité physico-chimique de la viande conservée selon quatre modes de conservation (séchage, fumage, réfrigération et congélation). Cette étude a pour but d'étudier l'effet de chaque méthode de conservation sur la qualité physicochimique de la viande, afin d'identifier la méthode appropriée.

Les résultats qui découlent de cette expérience ont montré que les teneurs des différents composants physico-chimiques analysés variaient en fonction de la technique de conservation.

Les valeurs du pH enregistrées pour chaque échantillon étaient de : ($V_s = 5.8$), ($V_f = 5.73$), ($V_c = 5.84$), avec un pH basique pour l'échantillon V_r . Alors que la valeur de acidité la plus élevée été enregistrée dans l'échantillon V_s (3.82 %), et la plus faible dans l'échantillon V_r (0.63%).

L'échantillon ($V_f = 93\%$) a enregistré la valeur la plus élevée tandis que l'échantillon V_c a enregistré la valeur la plus basse qui est de 19.75%.

L'humidité des échantillons été de : 15% dans l'échantillon V_s , 9.75% dans l'échantillon V_f , 73.05% dans l'échantillon V_r et 76.25% dans l'échantillon V_c .

La valeur de l'indice d'acide la plus élevée été de 12.48 mg de KOH /g dans l'échantillon V_f , et la valeur la plus basse été de 3.34 mg de KOH /g pour l'échantillon V_r . Tandis que l'échantillon V_r a enregistré la valeur la plus élevée de l'indice peroxyde, de saponification et d'ester.

En outre l'échantillon riche en matière grasse est l'échantillon V_c avec une teneur de 5.45 %. En revanche, la valeur la plus basse été enregistrée avec de l'échantillon V_f (5.55 %). Le taux de protéines de l'échantillon V_f été de 26.25 % et cela représente le taux le plus élevé.

Les quatre échantillons de la viande ont montré une bonne capacité de rétention d'eau, l'échantillon V_c (99.75 %) a enregistré la valeur la plus élevée.

La perte de la cuisson été mesurée uniquement pour la viande congelée, et cette dernière possédée la valeur de 34.2% .La détermination de la couleur et de la texture a montré que l'échantillon de la viande congelée a enregistré une meilleure performance (aptitude) pour garder la couleur et la texture souhaitable pendant la période de la conservation.

Notre étude a permis de mettre en évidence une analyse comparative de la qualité physicochimique de différents échantillons de la viande. D'un point de vue nutritionnel l'échantillon V_s et V_f possèdent une bonne valeur nutritive (faible perte des protéines et lipide) par apport aux échantillons V_r et V_c . Alors que l'échantillon V_c lui-même possède une bonne qualité

physicochimique et en dernier lieu l'échantillon Vr qui possède une mauvaise qualité physicochimique.

D'après les résultats enregistrés tout au long de cette étude, nous concluons que la congélation et le séchage sont les meilleures méthodes de conservation de la viande.

En perspective, il est intéressant de faire :

- L'analyse quantitative et qualitative des acides gras par chromatographie en phase gazeuse CPG.
- L'analyse quantitative et qualitative des acides aminés par HPLC (High performance liquide chromatography).
- Elargir les analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles des échantillons, avec une évaluation des micronutriments contenu dans chaque échantillon.

Références
bibliographiques

A

AFNOR. (1993). Corps gras, graines Oléagineuses, produits dérivés. Recueil des Normes Françaises. 5^{ème} Edition.

Agbessi-Dos Santos, H . & Damon M.,(1987) .Manuel de nutrition africaine: éléments de base appliqués. Edition Karthala ,Paris , 65 .

Agunbiade, S.O., Akintobi, O. A. et Ighodaro, O. M.(2010). Some Biochemical and Organoleptic changes due to Microbial growth in Minced Beef packaged in Alluminium polyethylene trays and Stored under Chilled condition. *Life Science Journal* , vol .7(2) : 47-51.

Aktas, N. et Gürses A., 2005. Moisture adsorption properties and adsorption isosteric heat of dehydrated slices of *Pastirma* (Turkish dry meat product). *Meat Science*, vol .71 : 571–576.

Akter,H., Akhter, S., Rahman, S. M. E., Rahman, M. M., Hossain, M. M., Ra, C. S., Kim, J.M.et Oh, D.H.(2009). Effect of Different Preservation Methods on Physicochemical Quality of Beef. *Journal of Food Hygiene and Safety*,vol. 24 : 217-225.

AOAC . (1995). Association of Official Agricultural Chemists . Official Methods of Analysis, 15 th Edn ., Washington ,D.C , U. S. A . Companies Inc: 679-680.

AOAC. (2000). Association of Official Analytical Chemists . Official Methods of Analysis, 17 th Edn ., Washington, D.C : 705-715.

Aymerich, T., Picouet, P. A., & Monfort, J. M. (2008). Decontamination technologies for meat products. *Meat Science*, vol. 78(1) : 114-129.

B

Bauchart, D. Picard, B. et Coordinateurs. (2010). Muscle et Viande de ruminant, *Quae*, Paris, 187.

Bencharif, A. (2001). Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie: état des lieux et problématiques. In: les filières et marchés du lait et dérivés en méditerranée. Options méditerranéennes, Série B 32, 25,45.

Benhamed, DJ.A.(2007). Étude et optimisation d'un processus de fabrication traditionnel de vinaigre à partir de deux variétés de dattes communes cultivées dans le sud algérien. Mémoire de magister, *université de boumérdas*, 76.

Berzelius, J. J.(1831) .Traité de chimie.2^{ème} partie, T. V, *Firmin Didot frères*, Paris, 243,636 .

- Bhat ,Z. F., Pathak ,V. et Fayaz,H.(2013).** Effet du stockage réfrigéré sur les caractéristiques de qualité des kababs à la recherche de poulet cuits au four micro-ondes, étendus avec différentes protéines non-viandes. *Journal of Food Science and Technology*, vol. 50 (5) : 926-933.
- Boudjellal, A., Becila, S ., Coulis ,G., Hernan,C., Aubry , H.M. L .,Le petit, J., Harhoura, K., Sentandreu, M .A., Aït-Amar, H. et Ouali, A.(2008).** Is the pH drop profile curvilinear and either monophasic or polyphasic? Consequences on the ultimate bovine meat texture. *African Journal of Agricultural Research*, vol. 3 (3) :195-204.
- Bouras, A. et Moussaoui, S. (1995).** Contribution à la caractérisation physicochimique et biochimique de la viande de dromadaire (population sahraoui).Mémoire d'ingénieur en Agro INFS/AS.université d'ourgla, 40.
- Bourgeois C. M., Leveau J. Y., 1992.** Technique d'analyse et de contrôle dans les industries Agro-alimentaires. Volume III, Ed. *Technique et documentation lavoisier, Apria*, Paris : 206- 219.
- Bourgeois, C.M., Mescle, J.F.et Zucca, J. (1996).** La microflore de la viande. In Microbiologie Alimentaire: Aspect Microbiologique de la Sécurité et de la Qualité des Aliments. *Lavoisier Tec et Doc*, Paris : 672.
- Brandebourge, T. (2013).** Growth of Muscle from the Myoblast to whole Muscle. *The Science of Meat Quality*, 1-27.
- Brekel M.V., Boogaard V.D.B., Heijnen C. (2005).** La conservation du poisson et de la viande, Agrodok 12 . Edition, *Fondation Agromisa*, Wageningen , Pays-Bas, 6-60.

C

- Capita, R., Llorente-Marigómez, S., Prieto M. et Alonso-Calleja C. (2006).** Microbiological profiles, pH, and titrable acidity of chorizo and salchichón (two Spanish dry fermented sausages) manufactured with ostrich, deer, or pork meat. *Journal of food protection* , vol . 69 : 1183-1189.
- Clinquart, A.(2013).** Critères d'appréciation et facteurs de variation des caractéristiques de la carcasse et de qualité de la viande bovine. *Ann. Méd. Vét.* vol . 157 : 27-42.
- Coibion, L., (2008).** Acquisition des qualités organoleptiques de la viande bovine: adaptation à la demande du consommateur. Thèse de doctorat. *Ecole Nationale Vétérinaire*, France (Toulouse), 7-25.
- Comelade, E. (1995).** Technologie des aliments et hygiène alimentaire .2^{eme} cahier, 5^{eme} édition. *Jaques Lanor*, 227-239

Couvez, P., Delbos, E., Faure, J., Frassetto, F., Guillbaud, C., Laurent, M. et Lepecq, L. (2005). Transformation carnée à la ferme : Connaitre les différents process de fabrication. *Educagri*, 196,134,221

Cruz, C., Fernandes, E., Vilarinho, M., Barros, M., Pires, P., Ferreira, R., Morais, O., Correia, L., Ramos, C., Santos, J., Fernandes, P., Ho, P. et Velho, M.V (2003). Chemical, microbiological and sensory characterization of a traditional Presunto (smoked ham) from Portuguese autochthonous Bísaro pigs a comparison with industrial Presunto. *Electronic Journal of Environmental and Agricultural Food Chemistry*, vol. 2(4).

D

alimentation de l'homme savoir, raison et harmonie, 21.

Darinmou. (2000). Conseil pour le consommateur. Laboratoire darinmoub.

Daurmaun, D. (1990). La viande et besoins protéiques chez l'homme sain. Dans viande et

Dave, D. et Ghaly, A.E. (2011). Meat Spoilage Mechanisms and Preservation Techniques: A Critical Review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, vol.6 (4), p.486-510.

Denoyelle, C. et BERNY, F. (1998). Viande de veau. Objectiver la mesure de la couleur. *Viandes et Prod. Carnés*, vol. 19(4) : 169-173.

Descrosier, N.W. et Descrosier, J.N. (1987). The technology of food preservation. Goyal offset press. daya basti delhi.

Dudouet, C. (2010). La production des bovins allaitants : Conduite. Qualité. Gestion .3^{ème} éd, *France Agricole .Guides*, paris, 65.

E

Eddebarh, A. (1989). Systèmes extensifs d'élevage bovin laitier. Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéennes n° 6, 123-133.

EL Rammouz, R. (2005). Etude des changements biochimiques *post mortem* dans le muscle de volailles- contribution au déterminisme de l'amplitude de la diminution du pH. Thèse de doctorat. *Institut National Polytechniques de Toulouse*. Filière science agronomique N° d'ordre 2221. p.138.

Emilie, F. (2009). Connaissance des aliments .Bases alimentaires et notionnelles de la déitique . 2^{ème} édition , *Lavoisier* . ISBN :978-7430-1156-7.

Endress, H. U., Mattes, F., et Norz, K. (2006). Handbook of Food Science, Technology, and Engineering. *CRC Press* .Taylor and Francis Group.

Ezembu, E. N., Onwuka, G. I.(2015). Effect of Improved and Traditional Smoking on the Storage Life and Nutritional Quality of Cat, Croaker and Sardine Fishes. *International research journal of Agriculture Science and Soil Science* , vol . 2 : 12-27.

F

Document FAO : production et de santé des animaux ,79. ISBN 92-5-102744-7.

FAO. (2010).Meat processing Technology For small-to medium-scale producers. ISBN: 978-974-7946-99-4

FAO. (1994). production et santé animales : Abattage, découpe de la viande et traitement ultérieur .92 : 202921-4.

FAO. (2000). Abattage, découpe de la viande et traitement ulterieure. FAO. Rome p.23-44.

FAO. (1990). Manuel sur les méthodes simples de conservation de la viande. Rome, p.8.

Feliachi .(2003). Rapport National sur les Ressources Génétiques Animales: Algérie commission nationale ANGR **Flavia, P., Zorica, V. et Delia, B.(2014).** Effects of temperature and storage time on the quality of alimentary animal fats. *International Food Research Journal* , vol. 21(4) : 1507-1514.

Foret, S . (2001). Etude d'un nouveau procédé de fractionnement des coproduits de fabrication de jambon sec et des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des extraits et raffinats. Thèse de Doctorat, *Université Toulouse*, 211.

Fortin ,J. (1996) . L'Encyclopédie visuelle des aliments. *Québec Amérique*, 27.

Fosse, J.A.S. (2003). Les dangers pour l'homme liés à la consommation des viandes .Evaluation de l'utilisation des moyens de maîtrise en abattoir. Th. Doct. *L'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes*. 24-46.

G

Genot, C. (2000). Congélation et qualité de la viande. *INRA* , Paris, 23,24.

Gheisari, H. R., Eskandari, M.(2013). Effect of curing on camel meat lipid oxidation and enzymatic activity during refrigerated storage. *Veterinarski Arhiv* ,vol . 83(5), 551-562.

Gheisari, H.R.(2011).Correlation between acid, TBA, peroxide and iodine values, catalase and glutathione peroxidase activities of chicken, cattle and camel meat during refrigerated storage. *Veterinary World*,vol, vol.4(4), 153-157.

Girard, J. P. (1988). Technologie de la viande et des produits carnés. *Apria*.

Guillemin, N., Cassar-Malek, I., Hocquette, J.F., Jurie, C., Micol, D., Listrat, A., Leveziel H., Renand, G. et Picard, B. (2009). La maîtrise de la tendreté de la viande bovine : identification de marqueurs biologiques, *INRA Productions Animales*, vol.22 : 331-344.

Guiraud, J.P. (2003). Microbiologie alimentaire. *Dunod – RIA*, 696, 144.

H

Honikel, K.O. (1998). reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Federal centre for meat research*, Kulmbach, Germany .vol. 49(4): 447 – 457.

Honikel, K.O. et Hamm, R. (1994). Measurement of water-holding capacity and juiciness. In: *Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products* (eds. by Pearson AM and Dutson TR), 61-125. Springer US.

Huff-Lonergan, E. et Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat science*, vol. 71(1): 194-204.

Huong, D.T.T. (2014). The effect of smoking methods on the quality of smoked Mackerel .United Nations University Fisheries Training Programme.

I

Igene ,J.O. et Ekanem, O. (1985). Effect of processing method on the nutritional quality of Tsire (Suya). *Nigerian Journal of Applied Science*, vol. 3: 1-20.

Ikeme, A. I. (1990). Meat science and technology. A Comprehensive Approach. African Fep. Publishers, Onitsha.

J

Jummai, AT., Negbenebor, CA ., Ayo, RG. et Okoli ,BJ. (2016). Effect of temperature on pH and free fatty acid content of *Clarias gariepinus* chubs persevered with local spices. *International Journal of Advanced Research and Development*, vol.1: 1-5.

k

Keeton, J.T. et Eddy, S. (2004). Chemical composition. In *Encyclopedia of meat sciences*. Jensen W, Devine C et Dikeman M, Eds, *Elsevier*, vol (1) : 210-217.

Kirat, S. (2007). Les conditions d'émergence d'un système d'élevage spécialisé en engraissement et ses conséquences sur la redynamisation de l'exploitation agricole et la filière des viandes rouges bovines - Cas de la Wilaya de Jijel en Algérie. Mémoire de Master. *Institut agronomique Méditerranéen de Montpellier*, p.15.

Knockaert, C . (1990). Le Fumage du Poisson. Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer. *Ifremer*, France, p.43. Collection Valorisation des Produits de La Mer. ISBN: 2-905434-34-1.

L

Larpent, J.P.(1997). Microbiologie alimentaire, Technique de laboratoire. *Lavoisier*, p. 860-870.

Lawrie, R.A. (1998). Chemical and Biochemical Constitution of Muscle, P. 58-94.

Lecoq, R.(1965). Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles. *Doin Deren et Cie*, Paris, France , 1296- 1324.

Leygonie,C., Britz, T. J.et Hoffman, L.C.(2012). Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science*,vol .91 : 93–98.

Lijalem, T., Beyan, M.et Banerjee, S. (2015). Quality of beef, chevon and mutton at Hawassa, Southern Ethiopia. *African Journal of Food Science*, vol.9(5) : 301-306.

Lim, D.G., Lee S.S.,Seo, K.S.et Nam, K.C.(2012).Effects of Different Drying Methods on Quality Traits of Hanwoo Beef Jerky from Low-Valued Cuts during Storage. *Food Sc*,vol. 32 : 531-539.

Listrat ,A., lebert, B., Louveau, I., Astruc ,T., Bonnet, M., Lefaucheur, L.et Bugeon ,J. (2015).Comment la structure et la composition du muscle déterminent la qualité des viandes ou chairs. *INRA Production Animales* , vol.28, 36-125.

Lozach, E.(2001). Le sel et les microorganismes .Thèse de Doctorat. *École nationale vétérinaire de maison ALFORT*, 6 -112.

M

Makhloufi , A. (2010). Etude des activités antimicrobiennes et antioxydant de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de bechar (*Matricarie pubescens (Desf) et Rosmarinus officinalis L*) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru.Thèse de Doctorat , *Université d'Aboubaker Belkaid* ,103.

Maltin,C., Balcerzak , D., Tilley, R. et Delday , M. (2003). Determinants of meat quality: tenderness, *Proceedings of the Nutrition Society*, vol.62 : 337-347.

Mense, S. et Gerwin, R.D. (2010).Muscle pain: diagnosis and treatment, Springer, 88-90, 343, 365.

Moinet, F. (2010). Vent direct & circuits courts : vins et produits fermiers. *France agricole Paris*, 133.

Monin G., (1991) : Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *INRA Productions Animales*.vol. 4 (2) : 151-160.

Morisetti, M. (1971). Public health aspect of food processing. In : Hygiène et technologie de la viande fraîche.*CNRS*, 105 -108.

N

Ndiaye, S. (1991). Etude des corps gras utilisés au sénégal : les huiles végétales .rev. bibliographique, *ENDA Tiers Monde Dakar* , Syspro , 37.

Nedjraoui, D. (2001).Profil fourrager. FAO.

Nutsch , A.L., Phebus ,R.K., Riemann, M. J., Schafer, D. E., Boyer ,J.R., Wilson R.C., Leising, J.D. et Kastner, C.L.(1997). Evaluation of a steam pasteurization process in a commercial beef processing facility. *Journal of Food Protection*, vol. 60 (5), 485 - 492.

O

Ouali ,A., Herrera-Mendez ,C. H., Coulis ,G., Becila ,S., Boudjellal, A., Aubry L. et Sentandreu, M. A. (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms, *Meat Sci*, 74, 44-58.

Ouali, A. (1991).Conséquences des traitements technologiques sur la qualité de la viande, *INRA Prod. Anim*, vol. 4(3), 195-208.

Owens C.M., Alvarado C. et Sams A.R. (2000).Poultry Meat Processing. CRC Press.

P

and microbiological characteristics of biltong, a traditional salted dried meat of South Africa. *Meat Sci*, vol. 96 (3) : 1313-1317.

Pathare, P. B., et Roskilly, A. P. (2016). Quality and energy evaluation in meat cooking. *Food Engineering Reviews*,vol. 8(4) : 435-447.

Pearson, H.D. (1976). Chemical analysis of foods. Churchill, London .

Perez, D. et andujar, G. (1980). Determination of ash content in meat product. *Meat science*, vol .5, p. 165-170.

Perrier, R., Auffret ,T ., van des Kemp, N . et Zonszain, F. (1997). Expériences faciles et moins faciles en sciences microbiologique collection : Biosciences et technique. *Doin* .paris , 101-107.

Petit , T., Caro, Y., Petit, A. S., Santchurn, S. J. et Collignan, A.(2014). Physicochemical

R

Consumer attitudes towards beef and acceptability of enhanced beef .*Meat Science* , vol.65 (2) : 721 – 729.

Rahman, M. H. Hossain, M. M., Rahman, S. M. E., Amin, M. R. et Oh, D.H.(2015).Evaluation of Physicochemical Deterioration and Lipid Oxidation of Beef Muscle Affected by Freeze-thaw Cycles. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*,vol.35(6) : 772-782.

Rahman, M., Salman, Z., Kadim, I. (2005). Microbial and Physico-Chemical Characteristics of Dried Meat Processed by Different Methods. *International Journal of Food Engineering*, vol.1(2) : 1-14.

Rahman, M.H., Hossain,M.M., Rahman,S.M.E., Hashem,M.A.et Oh, D.H.(2014). Effect of Repeated Freeze-Thaw Cycles on Beef Quality and Safety. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*,vol. 34(4) : 482–495.

Renand, G.et Picard, B.(2009). La maîtrise de la tendreté de la viande bovine : identification de marqueurs biologiques, *INRA Productions Animales*, vol.22 : 331-344.

Robbins ,K., Jensen, J., Ryan ,K., Homco - Ryan ,C., McKeith ,F. et Brewer, S.(2003).

Rosset, P., Beaufort A., Cornu, M., et Poumeyrol, G.(2009). La chaîne du froid en agroalimentaire, *Cahier de Nutrition et de Diététique*, vol. 37 (2) : 124-130.

Rosset, P.H. Beaufort , A .Cornu, M. Poumeyrol, G. (2002). La chaîne du froid en agroalimentaire. *Cahier de Nutrition et de Diététique* . vol 37 (2) : 124-130.

Rullier , B. (1999) . Hygiène alimentaire. *Nathan*, Paris, 160.

S

Salifou, C. F. A., Youssao, A. K. I., Ahounou, G. S., Tougan, P. U., Farougou, S., Mensah, G. A., et Clinquart, A. (2013). Critères d’appréciation et facteurs de variation des caractéristiques de la carcasse et de qualité de la viande bovine. *Rapport de point de thèse, Université d’Abomey-Calavi, Abomey-Calavi.*,. 27- 42.

Schone ,F., Kirchheim, U. et Kinast, C.(2006). Quality of the meat of bullocks: Physically-chemical characteristics depending on breed, meat cut and storage. *Fleischwirtschaft*, vol .86 (11) : 101 - 107.

Sentandreu, M. A. (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms, *Meat Sci* : 74, 44-58.

Sharma, H., Giriprasad, R. et Goswami, M. (2013). Animal fat-Processing and Its Quality Control. *Food Processing and Technology*, vol. 4 (8) : 1-5.

Śmiecińska, K., Hnatyk, N., Daszkiewicz, T., Kubiak, D. et Matusievičius, P. (2015). The effect of cold storage of vacuum on the quality of meat holstein poland-frisse white and white heifers and limousine crosses. *Veterinarija ir Zootechnika (vet med zoot)*. vol. 70 (92) : 60-66.

Smulders, F., Hofbauer, P. et Geesink, G.H. (2014). The Conversion of Muscle to Meat. In: *Meat Inspection and Control in the Slaughterhouse* : 399-421.

T

Tom, A. (2015). Contribution au séchage solaire des produits carnés : Modélisation et réalisation d'un séchoir adapté e aux pays tropicaux. Génie des procédés. Ecole nationale supérieure d'arts et métiers - ENSAM, Français.

Torres, E. A. F. S., Shimokomaki, M., Franco, B.D. G. M. et Landgrant, M. (1994). Parameter determining the quality of Charqui an Intermediate Moisture Meat product. *Meat Sci* , vol .38 : 229-234.

Tourneur, C., Bouttier M., Martin J., Thimel F., longueville F., Maillard A., Avril, H., Colné, T. (2001) : la Technologie de la viande . *Educagri* , 74.

Tuara, P. (1999). Méthodes Pratiques de Conservation des Produits de La mer : Salage et séchage. *Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS)*, vol. 664 (94), p .1-33.

V

Virling, E. (2003). Les viandes dans l'alimentation. CRDP. France, 58-78, 170.

W

Williams, P.G. (2007). Nutritional composition of red meat. *Nutrition and Dietetics* 64 (supplement 4): 113 -119.



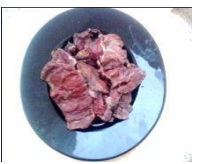





Y









Yacouba I. (2009). Analyse des techniques traditionnelles de transformation de la viande en Kilichi dans la commune urbaine de Madaoua. Thèse d'ingénieur Zootechnicien, *Université de Madaoua*, Niger, 17, 25.









Annexes

Annexe I: Echantillons de viande

Tableau 03 : Les différents échantillons de viande (séchée, fumée, congelée et réfrigérée).

Echantillons de la viande	Aspect de la viande	pH	Acidité (%)	MS (%)	MM (%)	MO (%)
viande séchée (T ₀)		6.16 ± 0.01	1,98±0,31	52.75 ±0.35	1,98 ± 0,26	50.76 ± 0.09
viande séchée (T ₁₅)		5.8 ± 0.04	3,825± 0,12	87.5 ± 0	3.39 ± 0,06	84.11 ± 0.05
viande fumée (T ₀)		6.07 ± 0.12	1,665 ±0,31	46.5 ± 1.41	1,92± 0,31	44.56 ± 1.75
Viande fumée (T ₁₅)		5.73 ± 0.12	3.78 ± 0.53	93 ± 1.41	3.22 ± 0.11	89.77 ± 1.52
Viande congelée (T ₀)		5.84 ± 0.13	1,41±0,25	23.75 ±0.35	1,75 ±0,42	20.30 ± 2.54
Viande congelée (T ₁₅)		5.69 ± 0.04	2,48±0,19	19.75 ±1.06	0,75 ± 0,35	19 ± 0.70
Viande réfrigérée (T ₀)		5.91 ± 0.11	1,395±0.25	27.75± 0.35	1,4 ±0,14	26.35 ± 0.49
Viande réfrigérée (T ₁₅)		8.32 ± 0.05	0.63±0.19	23±0.70	0,25 ± 0,35	22.75 ± 0.35

Echantillons de la viande	Aspect de la viande	H (%)	MG (%)	TP (%)	CRE (%)	Ia (mg de KOH/g)
viande séchée (T ₀)		57.5 ± 2,82	5.3	19.25	99.97± 0.01	8.93± 0.33
viande séchée (T ₁₅)		15 ± 0.70	3.66	15.37	99.93 ± 0,01	10.44 ±0,35
viande fumée (T ₀)		58.75± 0.35	4.25	26,25	99,84± 0.01	9.67± 0.59
Viande fumée (T ₁₅)		9.75 ± 1.06	3.55	26.25	99.65± 0.02	12.48 ±0,59
Viande congelée (T ₀)		77.5 ±0.70	6	24,5	99.96 ± 0	9.39 ± 0.19
Viande congelée (T ₁₅)		76.25 ±0.35	5.45	10.5	99.75± 0,11	4.69 ± 0,29
Viande réfrigérée (T ₀)		74.75 ±0,35	7.17	15,75	99.77 ± 0.01	10.23± 0.19
Viande réfrigérée (T ₁₅)		73.05 ±1,13	4.26	21.87	99.71 ± 0.04	3.34 ± 0,24

Echantillon de la viande	Aspect de la viande	Ip (m Eq/g)	Is (mg KOH/g)	Ie (mg/g)
viande séchée (T₀)		2.2 ± 0.14	194.21 ± 0.86	185.28 ± 0.58
viande séchée (T₁₅)		3.15 ± 0.07	195.33 ± 0.60	184.89 ± 0.25
viande fumée (T₀)		2.65 ± 0.07	195.21 ± 0.04	185.54 ± 0.64
Viande fumée (T₁₅)		3.8 ± 0.14	196.81 ± 0.07	184.33 ± 0.51
Viande congelée (T₀)		0.69 ± 0.07	190.89 ± 1.11	181.58 ± 0.91
Viande congelée (T₁₅)		1.1 ± 0.14	191.81 ± 0.30	187.12 ± 0.01
Viande réfrigérée (T₀)		1.3 ± 0.28	199.26 ± 0.49	189.03 ± 0.69
Viande réfrigérée (T₁₅)		4.35 ± 0.35	201.74 ± 0.55	198.4 ± 0.80

Annexe II : Préparation de l'eau physiologique

NaCl.....9 g

Eau distillé.....1000 ml

Annexe III : Préparation d'indicateur (Empois d'amidon)

Amidon10 g

Eau distillé.....100 ml

Eau froid900 ml

Présenté par : CHEBBAH Amina BOULSANE Asma	Encadrant : M ^{me} BOUCHEFRA Amina
	Date de soutenance : 22/06/2017

Effet de différentes méthodes de conservation sur la qualité physicochimique de la viande bovine

Nature du diplôme : Master en biologie

Option : Contrôle de Qualité des produits alimentaires

Résumé

Nous avons étudié la qualité physicochimique de la viande bovine, en évaluant l'effet de quatre méthodes de conservation qui sont : le séchage, le fumage, la réfrigération et la congélation.

La période de conservation a duré 15 jours en procédant à plusieurs analyses à T₀ et T₁₅ jours et cela à fin d'apprécier la qualité finale des échantillons.

L'échantillon de viande qui a enregistré une meilleure qualité physicochimique est celui de la viande congelée et la viande séchée suivie par la viande fumée. Cependant la viande réfrigérée a enregistré une mauvaise qualité physicochimique pendant la durée de la conservation.

Mots clés : Viande bovine, Qualité physicochimique, Séchage, Fumage, Réfrigération, Congélation.

Abstract

We have studied the physicochemical quality of the beef that has been preserved, by studying four conservation methods that are: drying, Curing, refrigeration and freezing.

The conservation period lasted 15 days by carrying out several analyses on days 0 and days 15 in order to study the final quality of the samples.

The two best marked qualities are the frozen and the dry meat, then comes the curing one. However, the quality that has had a poor marking during the conservation period is the refrigerated meat.

Key Words: Beef, physicochemical quality, drying, Curing, refrigeration, freezing.

ملخص

سمح لنا العمل المنجز بدراسة النوعية الفيزيوكيميائية للحم البقري المخزن باستعمال أربع طرق للحفظ و هي التجفيف ، التدخين ، التبريد و التجميد.

مدة التخزين دامت 15 يوم مع اجراء مختلف التحاليل في الزمن 0 و كذلك الزمن 15 لدراسة النوعية النهائية للعينات عينات اللحم التي سجلت أفضل نوعية هي اللحم المجمد و المجفف ومن تم اللحم المدخن وفي الأخير اللحم المبرد الذي سجل نوعية رديئة خلال نفس مدة التخزين.

الكلمات المفتاحية : لحم البقر ، النوعية الفيزيوكيميائية ، التجفيف ، التدخين ، التبريد ، التجميد.

