

République Algérienne démocratique et populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^{lle} BABADJI KHADIDJA

M^r ZEBBAR ZOHEIR

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité BIOTECHNOLOGIE ALIMENTAIRE

THÈME

**L'effet de l'ajout des composés phénoliques extraites de
la fraise et la betterave rouge sur le stress oxydatif de la
viande ovine**

Soutenu publiquement le : **04/07/2018**

Devant le Jury

Président	M. BOUZOUINA.M	MCA	U. Mostaganem
Encadreur	M.BENABDELMOUMENE.D	MCB	U. Mostaganem
Examinatrice	M ^{me} . BELMAHDIF	MCB	U. Mostaganem

*Thème réalisé au Laboratoire de recherche protection de culture de la faculté SNV
U.Mostaganem*

Année universitaire 2017 / 2018

Remerciement

C'est avec un réel plaisir que nous réservons ces lignes en signe de gratitude et de profonde reconnaissance à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation et à l'aboutissement de ce travail et toutes les personnes qui sont présentes autour de nous en ce moment

Nous tenons à exprimer d'abord tout nous sincère remerciement et notre grand respect à Mr BENABDELMOUMENE.D pour nous avoir encadré, orienté pour toute sa Patience et ses précieux conseils qu'il nous a donnés.

Nous exprimons notre sincère gratitude à Mr BOUZOUINA.M et nous le remercions pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury et d'ouvrir les portes de laboratoire à notre service.

Nos remerciements vont également à Mme BELMAHDI.F pour accepté d'examiner ce travail et bien voulue faire partie des membres du jury.

Nous adressons nos sincères remerciements à l'ensemble du personnel du laboratoire de protection de culture ROUDOUAN, RACHIDA et RACHIDA pour leurs aides, soutiens et les bons moments passés qui ne pourront que rester inoubliables pour nous

Enfin, on tient à remercier l'ensemble des enseignants du département d'agronomie qui ont participés à notre formation.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail, à tous ceux qui je porte dans mon cœur et à tous ceux qui sont chers à mes yeux...

À Mes chères parents que DIEU me les garde.

*À ma très chère grande mère **yayou** rabi yarhamha*

*À tous mes frères : **Youcef, Abdellah et Ilies***

*À mes belles sœurs : **Meryame et Kenza***

*À mon neveu : **Abedelhak***

*À mon oncle et sa femme : **M'hamed et Fadhila***

*À ma tante: **Malika** ainsi que sa famille*

*Mes cousins : **Nabil et Karim** ainsi que leurs épouses : **Messad et Wassila***

*À mes chères cousines : **Samia, Yasmine, Wissem, Lina, Maria et Imen,***

*À toutes les familles : **babadji, Ouabdesselame, Ali toudrte, Mihoube, youcefi et Mouhaned ouali***

*À mon encadreur : **Benabdelmoumene** et mon ami : **Abdessamed***

*À mon binôme : **Zoheir***

*À mes copines : **Amouna, Amira, Friel, Taousse, Zahra, Sarah, Meryam, Yasmine, Sofia, Akila, , Nessrine, et Keltoum***

À tous mes amis de la promotion biotechnologie alimentaire

À Tous ceux que j'ai oubliés de citer

Khadija

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail, à tous ceux qui je porte dans mon cœur et à tous ceux qui sont chers à mes yeux...

À Mes chères parents que DIEU me les garde.

À mon frère : Hamza

À ma sœur : Sihem

À ma belle-sœur : Fatma

À ma nièce : Manel

À mon encadreur : Mr Benabdelmoumene

À mon binôme : Khadidja

À mon enseignant : Mr Aribi

À mon ami : Djeloul

À tous mes amis de la promotion biotechnologie alimentaire

À Tous ceux que j'ai oubliés de citer

Zoheir

Remercîment

Dédicaces

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale

Partie bibliographique

Chapitre I : Viande rouge

1. Définition de la viande.....	1
2. Composition et valeur nutritionnelle de la viande.....	1
3. Qualités de la viande rouge.....	2
3.1. Qualités sensorielles de la viande.....	2
a. Couleur.....	2
b. Flaveur.....	2
c. Jutosité.....	3
d. Tendreté.....	3
3.2. Qualités technologiques.....	4
a. Capacité de rétention d'eau.....	4
b. pH.....	4
3.3. Qualité hygiénique.....	4
4. Facteurs influençant la qualité de la viande.....	5
a. Dépôt adipeux.....	5
b. Age.....	5

c. Génétique.....	5
d. Alimentation.....	6
5. Couleur et pigmentation de la viande rouge.....	6
5.1. Myoglobine, pigment musculaire.....	7
5.1.1. Formes de la myoglobine.....	7
5.2. Composantes de la couleur de la viande d'après.....	9
5.2.1. Deux composantes sur viande fraîche.....	9
5.2.2. Deux composantes durant la conservation.....	9
5.2.3. D'autres aspects interviennent parfois.....	9
5.2.3.1. Teneur en gras intramusculaire.....	9
a. Dessèchement de surface.....	10
b. Irisation.....	10
5.3. Détermination de la couleur de la viande.....	11
5.4. Problèmes de couleur liés au pH.....	11

Chapitre II : Oxydation lipidique et stress oxydatifs

1. Généralités.....	12
1.1. Radicaux libres.....	12
1.1.1 Impacte des radicaux libres.....	12
1.2. Oxydation lipidique.....	12
1.2.1. Mécanisme réactionnel de l'oxydation des lipides.....	13
Initiation.....	13
Propagation.....	13
Terminaison.....	14
1.2.2. Impacte de l'oxydation dans l'industrie alimentaire.....	14
2. Stress oxydatif.....	14
2.1. Établissement d'un stress oxydant.....	14

2.1.1. En phase d'élevage.....	15
2.1.2. En phase de pré-abattage.....	15
2.1.3. Post-abattage.....	15
2.1.4. Transformations technologiques.....	16
2.2. Réaction de lipo-peroxydation dans les muscles et viandes.....	16
2.3. Impacts nutritionnels des oxydations lipidiques.....	17
2.3.1. Pertes nutritionnelles.....	17
2.3.2. Accumulation de produits délétères.....	17
3. Matière grasse de la viande ovine.....	17

Chapitre III : Conservation de la viande

1. Conservation de la viande.....	19
1.1. Réfrigération.....	20
1.2. Congélation.....	21
1.3. Durcissement (Curing).....	22
1.4. Fumage.....	23
1.5. Traitement thermique.....	24
1.6. Mise en boîte.....	24
1.7. Déshydratation.....	25
1.8. Produits chimiques.....	25
1.9. Utilisation des antioxydants dans la viande.....	27

Chapitre IV : Composition en antioxydants des fruits et légumes

1. Définition des antioxydants.....	28
2. Polyphénols.....	28
2.1. Présentation générale des polyphénols.....	28
2.2. Classification des polyphénols.....	29
2.2.1. Flavonoïdes.....	30

a. Activités biologiques des flavonoïdes.....	30
2.3. Rôles et propriétés des composés phénoliques.....	31
2.3.1. Dans l'aliment.....	31
2.4. Consommation et dose journalière des polyphénols.....	32
2.5. Intérêt nutritionnel des polyphénols.....	32
3. Caroténoïdes.....	33
4. Fruits et légumes.....	33
4.1. Fraise.....	34
4.1.1. Taxonomie.....	34
4.1.2. Présentation de la fraise.....	34
4.1.3. Fraise et antioxydant.....	35
4.2. Betterave rouge.....	36
4.2.1. Taxonomie.....	36
4.2.2. Présentation de la betterave.....	36
4.2.3. Betterave et antioxydant.....	37

Partie expérimentale

Chapitre I : Méthodologie

1. Objectifs.....	38
2. Extraction et dosage des polyphénols.....	38
2.1. Échantillonnage.....	38
2.2. Conservation et transport.....	38
2.3. Laboratoire d'analyse.....	38
2.4. Techniques analytiques.....	39
2.4.1. Détermination de la teneur en matière sèche (AFNOR, 1985).....	39
2.4.2. Extraction des composés phénoliques.....	40
2.4.3. Dosage des polyphénols totaux.....	40

2.4.4. Rendements des extraits.....	41
2.4.5. Dosage des flavonoïdes.....	41
2.4.6. Dosage des caroténoïdes.....	41
2.4.7. Activité antioxydante.....	42
2.4.8. Préparation des solutions pour le traitement de la viande.....	43
3. Analyses physico-chimiques et traitement de la viande.....	43
3.1. Échantillonnage.....	43
3.2. Conservation et transport.....	43
3.3. Laboratoire d'analyse.....	43
3.4. Préparation des aliquotes.....	43
3.5. Application de traitement sur la viande.....	44
3.6. Techniques analytiques.....	44
3.6.1. Détermination du pH (AFNOR NF ISO 10-390).....	44
3.6.2. Détermination de la teneur en matière sèche (AFNOR ; 1985).....	44
3.6.3. Détermination de la teneur en matière minérale (AFNOR ; 1985).....	45
3.6.4. Détermination de l'indice TBARS (Genot ; 1996).....	46
3.6.5. Dosage des lipides totaux (SOXHLET).....	47
3.5.4. Dosage des protéines brutes (Méthode de Lowry ; 1951).....	48
3.5.5. Analyses statistiques.....	50
Chapitre II : Résultats et discussion	
1. Caractérisation de la fraise et de la betterave rouge.....	51
1.1. Teneur en eau.....	51
1.2. Rendement d'extraction des composés phénoliques.....	52
1.3. Composition en phénols totaux, flavonoïdes totaux et caroténoïdes.....	53
1.4. Activité antioxydante.....	57
2. Caractérisation de la viande hachée ovine (épaule).....	61

2.1. Analyses physico-chimiques et biochimique de la viande hachée ovine (épaule).....61

2.1. Estimation du degré d'oxydation des lipides de la viande hachée (épaules).....63

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Cette étude a pour but de dévoiler l'effet de l'addition des antioxydants naturels sous forme de composés phénoliques extraites de la fraise et la betterave rouge sur l'oxydation lipidique de la viande ovine hachée fraîche et congelée.

Nous avons préparé trois différentes concentrations de composés phénoliques extraites de la fraise (concentration A, concentration B, concentration C), le même protocole a été suivi on utilisant les composés phénoliques extraites de la betterave rouge, et nous avons essayé de voir quelle concentration a permis de réduire la teneur en MDA des viandes, car ce dernier est considéré comme un indice de fraîcheur de la viande et effectivement nous avons trouvé que la concentration A de la fraise a donné le meilleur résultat en réduisant la teneur en MDA de la viande témoin de (1,81 mg éq MDA/kg) à (0,99 mg éq MDA/kg) comparé à la concentration A de la betterave rouge qui a donné (1,17 mg éq MDA/kg).

Mots clés : antioxydant, polyphénols, fraise, betterave rouge, viande ovine, MDA.

Abstract

The aim of this study is to reveal the effect of the addition of natural antioxidants in the form of phenolic compounds extracted from strawberry and red beetroot on the lipid oxidation of fresh and frozen minced sheep meat.

We prepared three different concentrations of phenolic compounds extracted from the strawberry (solution A, solution B, solution C), the same protocol was followed using the phenolic compounds extracted from the red beetroot, and we tried to see what concentration allowed to reduce the MDA content of the meat because it was considered as a freshness index of the meat and indeed we found that the concentration A of the strawberry gave the best result by reducing the MDA content of the meat control (1,81 mg eq MDA/kg) at (0,99 mg eq/MDA/kg) compared to the concentration A of the red beetroot which gave (1,17 mg eq MDA/kg).

Key words : antioxidant, polyphenols, strawberry, red beetroot, sheep meat, MDA.

ملخص

الغرض من هذه الدراسة هو الكشف عن تأثير إضافة مضادات الأكسدة الطبيعية على شكل مركبات الفينول المستخرجة من الفراولة والبنجر الأحمر على أكسدة دهون لحم الغنم المفروم الطازج والمجمد.

لقد قمنا بإعداد ثلاثة تركيزات من المركبات الفينولية المستخرجة من الفراولة بتركيزات مختلفة (تركيز أ، تركيز ب، تركيز ج)، تم اتباع نفس البروتوكول باستخدام مركبات الفينول المستخرجة من الشمندر، وحاولنا أن نرى أي تركيز سمح بالحد من محتوى أم د للحوم، لأن هذا الأخير يعتبر مؤشر لنضارة اللحم ووجدنا بالفعل أن تركيز الفراولة أ أعطى أفضل نتيجة بتقليل محتوى م د أ للحوم الشاهد من (1,81 مغ مكافى م د أ / كلغ) الى (0,99 مغ مكافى م د أ / كلغ) مقارنة بالتركيز أ للبنجر الأحمر الذي اعطى (1,17 مغ مكافى م د أ / كلغ).

كلمات مفتاحية : مضاد الأكسدة، بوليفينول، فراولة، البنجر الأحمر، لحم الغنم، م د أ.

Tableau 01 : Composition biochimique moyenne de la viande rouge.....	01
Tableau 02 : Principales classes des composés phénoliques.....	29
Tableau 03 : Concentration des solutions de Lowry.....	49
Tableau 04 : Teneur en eau de la fraise la betterave rouge.....	51
Tableau 05 : Tableau récapitulatif regroupant le rendement, la couleur, l'odeur et l'aspect physique de la fraise et la betterave rouge.....	52
Tableau 06 : Dosages des différentes composés phénoliques de la fraise et de la betterave rouge.....	53
Tableau 07 : IC ₅₀ et inhibitions maximales des extraits déterminé par la méthode de DPPH...	58
Tableau 08 : Résultats des analyses physico-chimiques et biochimique de la viande hachée ovine (épaule).....	59
Tableau 09 : Teneurs en MDA des viandes ovines hachées (épaule).....	61

Figure 01 : Viande bovine fraîche est d'un rouge plus ou moins vif et lumineux.....	06
Figure 02 : Trois formes chimiques de la myoglobine.....	08
Figure 03 : Gras de la viande peut modifier l'impression colorée.....	10
Figure 04 : Viande irisée (reflets sur la viande).....	10
Figure 05 : Différences de couleurs liées à des différences de pH ultime.....	11
Figure 06 : Schéma général de l'oxydation des lipides.....	13
Figure 07 : Structure de base des flavonoïdes.....	30
Figure 08 : Fraîse commercialisée (<i>Fragaria×ananassa</i>).....	35
Figure 09 : Betterave rouge commercialisée (<i>Beta vulgaris L</i>).....	37
Figure 10 : Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH.....	42
Figure 11 : Teneur en eau de la fraise et la betterave rouge.....	51
Figure 12 : Rendement d'extraction des composés phénoliques de la fraise et la betterave rouge.....	52
Figure 13 : Composition en phénols totaux de la fraise et la betterave rouge.....	53
Figure 14 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	54
Figure 15 : Composition en flavonoïdes totaux de la fraise et la betterave rouge.....	54
Figure 16 : Courbe d'étalonnage de la rutine.....	55
Figure 17 : Caroténoïdes totaux de la fraise et la betterave rouge.....	56
Figure 18 : Courbe d'étalonnage de la β -carotène.....	56
Figure 19 : Courbe étalonnage de l'activité antioxydant de l'acide ascorbique.....	57
Figure 20 : Evolution des taux d'inhibition de DPPH par extrait de la fraise.....	58
Figure 21 : Evolution des taux d'inhibition de DPPH par extrait de la betterave.....	59
Figure 22 : Résultats des analyses physico-chimiques et biochimique de la viande hachée ovine (épaule).....	60
Figure 23 : Indice TBA dans la viande hachée ovine (épaule).....	61
Figure 24 : courbe d'étalonnage BSA (sérum albumine bovine).....	Annexe 01

Liste des abréviations

BSA : Sérum Albumine Bovine

DPPH : 2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyl

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

IC₅₀ : Concentration inhibitrice médiane

INRA : Institut national de la recherche agronomique

MDA : malonaldéhyde

OMS : Organisation mondiale de la santé

TBA : acide thiobarbiturique

TBARS : Thiobarbituric acid reactive substances

Introduction

La production mondiale de viande n'a globalement augmenté que de 1% en 2016 passant à 317 millions de tonnes, la hausse enregistrée en Europe et dans les Amériques étant contrebalancée par un recul de la production en Chine en particulier, mais aussi en Australie. Cette progression est la plus modeste enregistrée sur un an au cours de la décennie écoulée. La production de viande de volaille et de viande bovine a augmenté, alors que celle des viandes porcine et ovine a diminué (FAO, 2017).

Selon l'organisme français spécialisé dans les statistiques agricoles, France Agri Mer, l'Algérie représente 3% de la production mondiale de la viande ovine avec quelque 26 millions de têtes dont est composé le cheptel ovin, l'Algérie est classée au 5e rang mondial en matière de production de la viande ovine, derrière la Chine 24%, l'Australie 8%, la Nouvelle-Zélande 5% et le Soudan 4%. Des pays comme le Royaume-Uni, l'Inde et la Turquie se positionnent à la même place que l'Algérie avec un taux de 3% chacun de la production mondiale de viande ovine, selon le bilan de France Agri Mer (Lakani, 2015).

L'OMS et la FAO recommandent une consommation moyenne de 25 kg en viandes par personne et par an. Avec une consommation moyenne de 20 kilos par personne et par an, dont 12 kg de viandes rouges, l'Algérie n'a pas encore atteint ce seuil minimal recommandé. L'insuffisance de ce produit sur le marché se répercute forcément sur son prix de vente. Avec un faible pouvoir d'achat, dit-il, un kg de viande à 1 200 dinars en moyenne reste hors de portée des bourses moyennes (Akkouche, 2016).

La consommation de viande rouge est considérée comme importante sur le plan nutritionnel du fait de sa teneur en protéines (Rémond et *al.*, 2014), et en vitamines (Duchene et *al.*, 2016), et sa teneur en lipides raisonnable (Geay et *al.*, 2002) mais elle est sensible à l'oxydation.

Ce phénomène conduit à des changements indésirables, provoquant une décoloration, changements de texture, développement de saveur et d'odeur, perte de nutrition qualité, durée de conservation limitée et la formation de composés secondaires qui peuvent être préjudiciable à la santé humaine (Fayemi et *al.*, 2014).

La stabilité oxydative des viandes dépend de divers facteurs intrinsèques et extrinsèques des facteurs tels que la concentration de pro-oxydants, l'activité enzymatique, le pH et température ainsi que la composition de la fraction protéique et lipidique, varie selon les espèces animales (Ladikos et *al.*, 1990). Moutons et chèvre sont classés en viande rouge en raison de sa forte concentration en myoglobine, prédispose l'oxydation de la viande (Suman et *al.*, 2013).

De plus, la viande de mouton et de chèvre présente une composition en acides gras similaire environ la moitié de l'acide gras sont insaturés, le gras mono-insaturé les acides (AGMI) représentent c.a. 45% et l'acide gras polyinsaturé (AGPI) comptes pour c.a. 10% des acides gras totaux (Hajji et *al.*, 2016). La plus grande quantité d'acides gras insaturés favorise l'oxydation processus de la viande (Kumar et *al.*, 2015).

Afin d'empêcher ou de retarder les réactions d'oxydation de la viande, l'industrie ajoute antioxydants dans la formulation de produits carnés. Cependant, la majorité de ces les ingrédients sont synthétiques principalement hydroxy-anisole butylé (BHA), butylé l'hydroxytoluène (BHT) et le gallate de propyle (PG). Néanmoins, quelques études ont montré les effets indésirables des antioxydants synthétiques pour la santé du consommateur, augmentant ainsi la demande d'antioxydants naturels (Lorenzo et *al.*, 2018).

D'autre part, les composés ayant une activité antioxydante peuvent être naturellement trouvés dans les plantes, les huiles, les fruits, les noix, et plusieurs études ont montré l'efficacité de la substitution des antioxydants naturels par les antioxydants synthétiques (Franco et *al.*, 2018).

Néanmoins, l'efficacité des antioxydants naturels dans les produits carnés dépend principalement de la composition de l'extrait végétal et de leur activité antioxydant, transformation des aliments, et la matrice de la viande en particulier la composition de la fraction lipidique et protéique (Aguilar et *al.*, 2016).

L'objectif de cette recherche expérimentale est d'étudier l'effet des antioxydants naturels extraits à partir de la fraise et la betterave rouge sur les qualités nutritionnelles et physicochimiques des viandes ovines ainsi que sur le stress oxydatifs des viandes.

1. Définition de la viande

La viande est un aliment constitué de tissus musculaires de certains animaux, notamment les mammifères, les oiseaux, les reptiles, mais aussi certains poissons (Donzo, 2016).

Le terme viande désigne toutes les parties comestibles en provenance des animaux mammifères et certains types des oiseaux, celle-ci peuvent inclure essentiellement le tissu musculaire puis le tissu adipeux et quelques organes internes (Belitz et *al.*, 2009).

2. Composition et valeur nutritionnelle de la viande

La composition du muscle est variable entre les animaux et chez un même animal d'un muscle à l'autre. Mais il y a une composition moyenne qui est retenue indiquée dans le Tableau 01 (Coibion, 2008).

Tableau 01 : Composition biochimique moyenne de la viande rouge (Coibion, 2008).

Composants	Moyennes (%)
Eau	75
Protéines	15,5
Lipides	3
Substances azotées non protéiques	1,5
Glucides et catabolites	1
Composés minéraux	1

3. Qualités de la viande rouge

La notion de qualité de la viande est une notion complexe à définir. Pour le consommateur, la qualité d'une viande sera traduite par sa couleur, sa tendreté, sa jutosité et sa saveur. Ainsi, pour répondre aux attentes des consommateurs, les industriels doivent s'inscrire dans une démarche de qualité qui englobe toute la chaîne de production

3.1. Qualités sensorielles de la viande

Les principales caractéristiques sensorielles de la viande sont : la couleur, la tendreté, la jutosité et la flaveur (Grunert *et al.*, 2004).

a. Couleur

La couleur est la première caractéristique perçue par le consommateur. C'est souvent la seule dont il dispose pour choisir la viande au moment de l'achat. Car la couleur de la viande influence les décisions d'achat plus que tout autre facteur de qualité. De plus, les consommateurs utilisent à tort ou à raison la décoloration comme un indicateur de la nature et de la détérioration éventuelle de la qualité du produit (Smith *et al.*, 2000).

La couleur rouge de la viande lui est conférée par un pigment musculaire, la myoglobine, dont le rôle est de capter l'oxygène véhiculé par l'hémoglobine sanguine et de le transporter dans le muscle (Monin, 1991).

b. Flaveur

La flaveur de la viande est le résultat complexe des sensations olfactives et gustatives. Elle représente ce qui est perçu par le nez interne (arômes), la langue et les muqueuses buccales qui elles-mêmes détectent les saveurs. La perception de l'odeur est produite par des composés chimiques volatils de faible poids moléculaire. Le goût est généralement sollicité par des substances solubles dans l'eau et d'un poids moléculaire plus élevé. La viande crue a une flaveur peu prononcée (Micol *et al.*, 2010).

La flaveur est très différente d'un muscle à un autre et dépend du type métabolique du muscle, du régime alimentaire, ce qui peut considérablement modifier la composition en acides gras de la viande et changer ainsi sa saveur (Hocquette *et al.*, 2005).

c. Jutosité

La jutosité, appelée aussi succulence se présente sous deux aspects : la jutosité initiale, perçue au premier coup de dent, elle est surtout liée à la quantité d'eau présente et libérée lors de la mastication, la seconde est en relation avec la teneur en lipides de la viande, qui induit une plus ou moins grande salivation. Elle représente le caractère plus ou moins sec de la viande au cours de la consommation (Micol *et al.*, 2010).

Le facteur essentiel qui va influencer la première jutosité est la capacité de rétention d'eau du muscle. Aussi le pH est déterminant pour la jutosité, car il affecte la structure musculaire. Une viande à pH très bas a tendance à perdre son eau (viande exsudative à l'œil) et à être sèche en bouche et les viandes à pH élevé ont une très bonne rétention d'eau et présentent une jutosité supérieure (Coibion, 2008).

d. Tendreté

La tendreté correspond à une somme de sensations perçues lors de la mastication de la viande et désigne la facilité avec laquelle celle-ci se laisse trancher ou mastiquer. À l'inverse, la dureté désigne la résistance que la viande présente au tranchage ou à la mastication. La tendreté est influencée par différents facteurs et elle dépend de deux composantes protéiques structurales.

La première correspond aux myofibrilles, plus particulièrement aux protéines constitutives des myofibrilles et aux différentes protéines qui leur sont associées et qui en assurent l'intégrité structurale. Les myofibrilles jouent un rôle important après l'abattage, au cours de la transformation du muscle en viande (phase de maturation de la viande), car c'est leur évolution qui est à l'origine de l'attendrissage de la viande. En effet, la protéolyse ménagée qui a lieu après la mort de l'animal favorisera la fragilisation de la structure myofibrillaire sous l'action de différents systèmes protéolytiques. La seconde composante musculaire correspond au tissu conjonctif et plus précisément le collagène qui est la protéine la plus abondante de la matrice extracellulaire (MEC). Elle représente, selon le muscle, jusqu'à 15% de la matière sèche (Evrat- Georgel, 2008).

3.2. Qualités technologiques**a. Capacité de rétention d'eau**

Indiquée communément avec le terme anglais Water Holding Capacity ou avec le sigle WHC elle dépend de l'humidité libre (qui constitue plus du 95% du contenu hydrique total du muscle) c'est-à-dire celle non liée chimiquement aux protéines, mais plutôt retenue physiquement par elles, en relation de continuité avec celle liée chimiquement. Une basse capacité de rétention d'eau signifie une plus grande quantité d'eau expulsée pendant la mastication, donc une plus grande jutosité (Gaddini, 2000), et est corrélée positivement avec la tendreté (Gigli et *al.*, 1994).

b. pH

Le pH est déterminé à l'abattage (pH0) et après 24 heures (pH24), il est le premier indicateur de la qualité de la viande et nous permet d'évaluer la potentialité du muscle animal à devenir de la bonne viande ; ce paramètre donne même une mesure de l'aptitude à la conservation de tel aliment : en effet des basses valeurs de pH limitent la croissance microbienne et préviennent par conséquent des possibles altérations (Dell'Orto et *al.*, 2000).

Pour avoir une viande de bonne qualité, le pH doit diminuer, après l'abattage, pour l'augmentation dans le muscle de l'acide lactique, provoqué par la glycolyse post mortem du glycogène : cette chute doit être graduelle parce que, si elle fut trop rapide, on vérifierait la dénaturation des protéines et la chute de la capacité de rétention d'eau (Lanza et *al.*, 1990).

Le pH est modifié même par les modalités de conservation : la congélation détermine une diminution de pH par rapport à la simple réfrigération (Moore et *al.*, 1998).

3.3. Qualité hygiénique

L'aliment doit garantir une totale innocuité et de ce fait préserver la santé du consommateur. De ce fait, il ne doit contenir aucun résidu toxique, aucun parasite, ni être le siège d'un développement bactérien susceptible de produire des éléments nocifs.

La contamination est due au fait que l'essentiel des germes est apporté au cours de l'abattage et au cours de la préparation des carcasses. Certains germes pathogènes, saprophytes du tube digestif peuvent contaminer les muscles, d'où la nécessité de l'éviscération précoce et des mesures limitant le stress d'abattage qui favorise ce passage.

Une contamination initiale aussi faible que possible, un respect rigoureux des règles d'hygiène et une application continue au froid assure une bonne contamination du point de vue sanitaire (VIERLING, 2003).

4. Facteurs influençant la qualité de la viande

a. Dépôt adipeux

Les lipides influent sur les qualités organoleptiques de la viande, ce qui gêne à étudier chacune indépendamment pour le même paramètre qui est le dépôt adipeux.

b. Age

Les phases d'évolution des caractéristiques des carcasses des vaches en fonction de leur âge à l'abattage sont relativement identiques qu'elle soit la race : de 3 à 6 ans, les poids des carcasses augmentent alors que la conformation et l'état d'engraissement sont relativement stables (Bauchart et *al.*, 2002).

Au cours de la croissance et du vieillissement, la structure et la composition des muscles évoluent en augmentant la dureté, l'intensité de la flaveur et de la couleur, variable selon les muscles, en fonction de leur position anatomique et de leur physiologiques (Pierre et *al.*, 2002).

c. Génétique

Geay et Renard en 1994, et au cours de différentes études ont démontré que la génétique était partie responsable de ce dépôt adipeux et des qualités organoleptiques qui en découlent.

Les dépôts adipeux visibles peuvent être intramusculaires et leurs proportions varient non seulement entre les races, mais aussi au sein d'une même race. En effet, à même conditions d'élevage, il existe une grande variabilité entre animaux.

Généralement, on retrouve à un extrême les races de viande britanniques, caractérisées par les viandes les plus grasses, qui s'opposent aux races culardes aux viandes particulièrement maigres. Les races à viande continentales et les races mixtes se situent entre ces deux extrêmes. Il est à noter que les races mixtes sont plus grasses que les races à viande continentales. (Gandemer et *al.*, 1996).

Une variabilité génétique intrarace élevée pour l'adiposité des carcasses et pour la teneur en muscles en lipides. Par ailleurs, des animaux de différentes races élevés ou engraisés dans des conditions identiques présentent des différences significatives de poids et de composition de carcasse. Cependant, peu de différences marquées se retrouvent au niveau des caractéristiques des muscles de ces animaux. (Geay et *al.*, 1994).

d. Alimentation

L'alimentation se diffère d'un type d'élevage à un autre et même d'une exploitation à une autre selon la nature des ressources alimentaires disponibles, la région, et aussi selon la saison. Dont les aliments doivent apporter aux animaux les composants utiles à leurs fonctions vitales et leur croissance ; ce sont les nutriments : l'eau, les glucides, les protéides, les lipides, les minéraux et les vitamines.

5. Couleur et pigmentation de la viande rouge

Au moment de l'achat le consommateur il tient compte en particulier de la couleur de la viande, de l'apparence de fraîcheur, évaluée en fonction de l'humidité de surface et de la quantité de graisse (Mancini et *al.*, 2005).



Figure 01 : Viande bovine fraîche est d'un rouge plus ou moins vif et lumineux (I. MOËVI 2006).

Pendant le temps d'exposition de la viande à l'air, le pigment s'oxyde et sa couleur varie, de sorte que la luminosité reste plus ou moins stable et le chroma diminue progressivement, tandis que la teinte diminue puis augmente fortement, ce qui entraîne un aspect rejeté par le consommateur. Par conséquent, la stabilité de la couleur au fil du la conservation détermine pour partie la durée de conservation de la viande (Ripoll et *al.*, 2013).

5.1. Myoglobine, pigment musculaire

Le principal pigment responsable de la coloration de la viande est un pigment musculaire la myoglobine. De fait, si l'animal est correctement saigné, le pigment sanguin (hémoglobine) intervient relativement peu. La teneur en myoglobine musculaire détermine donc l'intensité de la pigmentation du muscle (probablement à plus de 90%). La myoglobine est une protéine complexe, encore appelée chromoprotéine, construite sur un modèle proche de l'hémoglobine sanguine. Elle est ainsi formée : d'une protéine incolore, la globine, d'une partie colorée, l'hème, comprenant un atome de fer. Le fer héminique total du muscle permet d'estimer de façon fiable la quantité de myoglobine présente, compte tenu de la faible part d'hémoglobine résiduelle (de 5 à 12% des pigments héminiques totaux). La myoglobine présente une affinité avec l'oxygène, encore plus forte que l'hémoglobine. Cette propriété lui permet de récupérer l'oxygène véhiculé dans le sang jusqu'aux cellules musculaires par l'hémoglobine. La myoglobine joue ensuite le rôle de réserve en oxygène du muscle et/ou transporte l'oxygène jusqu'aux structures intracellulaires où il est utilisé (I. MOËVI 2006).

5.1.1. Formes de la myoglobine

La myoglobine peut prendre différentes formes chimiques. Sur viande crue, n'ayant pas subi de traitement, 3 formes du pigment coexistent, correspondant à des états d'oxydoréduction (de l'atome de fer) et d'oxygénation (fixation ou non d'oxygène par la molécule) différentes. Ces divers états sont fonction de la fraîcheur du produit et de la pression partielle locale en oxygène (I. MOËVI 2006).

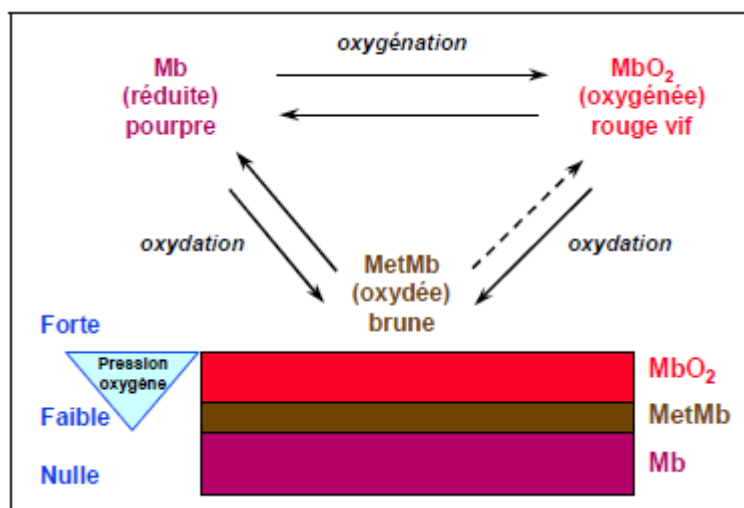


Figure 02 : Trois formes chimiques de la myoglobine (I. MOËVI 2006).

Une viande de bœuf fraîche présente en surface une belle couleur rouge vif, recherchée par le consommateur, cette couleur est celle du pigment oxygéné, l'oxymyoglobine (MbO_2). La surface de la viande est effectivement en contact avec l'air, lequel contient à peu près 20% d'oxygène et 80% d'azote. L'épaisseur de la couche d'oxymyoglobine détermine la couleur rouge de la viande fraîche. Pendant les tout premiers jours d'un stockage à l'air, à basse température, le taux de pénétration de l'oxygène dans le muscle augmente : la viande rougit suite à l'oxygénation du pigment (I. MOËVI 2006).

À cœur de la viande, la couleur est différente, si l'on tranche le morceau : elle est rouge sombre, pourpre, caractéristique de l'absence d'oxygène. De fait, ce dernier ne diffuse que sur quelques millimètres ou centimètres dans la viande : au-delà, il n'y a plus d'oxygène et la myoglobine se trouve à l'état réduit et désoxygéné (Mb). Cet état est plutôt moins stable que l'état oxygéné (I. MOËVI 2006).

Enfin, quelques millimètres sous la surface, là où les pressions partielles en oxygène sont faibles, mais pas nulles, se trouvent une troisième forme du pigment : la myoglobine oxydée, encore appelée metmyoglobine (MetMb), dont la couleur brune est peu attractive (I. MOËVI 2006).

5.2. Composantes de la couleur de la viande d'après (I. MOËVI 2006)

Dans le cas particulier de la viande, la couleur comprend 4 composantes majeures, lesquelles interviennent sur le produit frais ou en cours de conservation.

5.2.1. Deux composantes sur viande fraîche

À l'état frais, les différences de couleur de viande sont principalement attribuées aux 2 composantes suivantes :

- La structure physique du muscle, liée à son degré d'acidification (pH), qui modifie la luminosité du produit.
- La quantité de pigment rouge dans le muscle, pigment riche en fer, qui détermine la saturation de la couleur.

5.2.2. Deux composantes durant la conservation

Au cours de la conservation, 2 autres composantes interviennent pour modifier la teinte du produit :

- La « qualité » du pigment musculaire, à savoir sa forme chimique, qui évolue au cours du temps.
- Le développement des bactéries en surface de la viande et ses possibles interactions avec la forme chimique du pigment.

5.2.3. D'autres aspects interviennent parfois

D'autres éléments sont susceptibles d'interférer avec la couleur de la viande, telle la teneur en gras intramusculaire (persillé), ou encore l'eau en surface du produit (I. MOËVI 2006).

5.2.3.1. Teneur en gras intramusculaire

Elle pourrait expliquer une partie des écarts de luminosité observés entre viandes d'animaux élevés selon différents systèmes de production. Il s'agit notamment du cas des bovins au pâturage dont les viandes semblent plus sombres, moins lumineuses, que celles de leurs congénères élevés au concentré (lequel favorise le dépôt de gras intramusculaire) (Priolo, 2001).



Figure 03 : Gras de la viande peut modifier l'impression colorée (I. MOËVI 2006).

Quant au rôle de l'eau en surface du produit, deux cas de figure se rencontrent (I. MOËVI 2006) :

a. Dessèchement de surface

C'est le cas le plus fréquent, et de loin (exemple d'une viande conservée un certain temps sans protection en chambre froide) ; il donne l'impression d'un produit plus sombre. (I. MOËVI 2006).

b. Irisation

L'irisation moins courante que le dessèchement, se traduit par un reflet vert doré ou arc-en-ciel sur les tranches de viande de bœuf crue. Ce phénomène est toutefois rare il touche apparemment plutôt les muscles clairs, pauvres en pigments, tels la tranche ou le rond de gîte (I. MOËVI 2006).

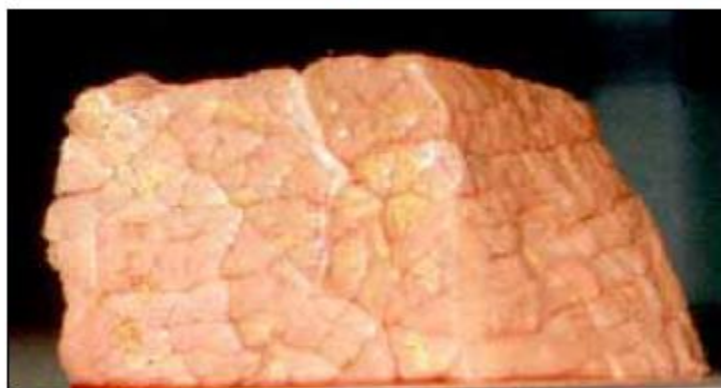


Figure 04 : Viande irisée (reflets sur la viande) (I. MOËVI 2006).

5.3. Détermination de la couleur de la viande

La couleur de la viande est déterminée par la quantité de myoglobine. Lorsque l'animal atteint l'âge adulte, la concentration de myoglobine augmente et la chair devient rouge. La couleur peut être classée subjectivement par comparaison avec une grille de cartes de couleur, mais peut également être mesurée objectivement et de façon reproductible par colorimétrie avec des spectrophotomètres. Ces appareils mesurent la couleur de la viande à travers trois indicateurs CIE L a b : les valeurs de luminance (L), l'indice de rouge (a) et l'indice de jaune (b). Ils permettent de calculer l'angle de teinte (h) ($\arctan = b / a$), et la saturation ($C = a^2 + b^2$)^{0,5}. La luminance (L) peut prendre des valeurs de 0 (noir) à 100 (blanc), de sorte que plus sa valeur est haute, plus la viande est lumineuse. Les indices de rouge (a) et de jaune (b) varient entre -60 (respectivement vert et bleu) et +60 (respectivement rouge et jaune). (P. Albertí et *al.*, 2017).

5.4. Problèmes de couleur liés au pH

Plusieurs types de problèmes peuvent se rencontrer, liés à la vitesse de chute du pH ou au pH atteint en finale dans la viande : le pH ultime. Dans certaines conditions, la chute du pH peut être hétérogène au sein du muscle et conduire à l'apparition momentanée d'une double coloration de viande. Ce phénomène est connu sous le nom de « heat ring », ce qui signifie « anneau de chaleur » en Anglais. Il apparaît suite à une réfrigération rapide des carcasses et se caractérise par une zone sombre en périphérie de certains muscles. La coloration spécifique de cette zone provient d'un pH plus élevé qu'à cœur du muscle. Les problèmes de couleur relatifs au pH ultime concernent les viandes insuffisamment acidifiées, à pH élevé, appelées viandes à coupe sombre ou encore viandes D.F.D. : sombres, fermes, sèches (de l'Anglais « Dark, Firm, Dry ») (I. MOËVI 2006).



Figure 05 : Différences de couleurs liées à des différences de pH ultime (I. MOËVI 2006).

1. Généralités

Dans la viande, l'oxydation est due à la production d'espèces réactives de l'oxygène (les radicaux libres) catalysée par les métaux de transition, comme le cuivre et surtout le fer. Ce phénomène est connu sous le nom de stress oxydatif. L'impact de ces radicaux libres est d'autant plus fort que la protection antioxydante du muscle (enzymes antioxydantes endogènes et vitamines antioxydantes apportées par l'alimentation) diminue rapidement après la mort de l'animal (Philippe et *al.*, 2014).

1.1. Radicaux libres

On définit par le terme de radicaux libres, tout atome, groupe d'atomes ou molécules qui possèdent sur son orbital externe un électron célibataire non apparié et très réactif par rapport à leur électron célibataire qui va chercher à se réappairier. Un radical libre va, en effet, chercher à se stabiliser au détriment des structures environnantes (Garrel et *al.*, 2017).

1.1.1 Impacte des radicaux libres

Les radicaux libres attaquent en priorité les doubles liaisons des acides gras polyinsaturés des lipides. L'oxydation des lipides conduit alors à la formation d'aldéhydes impliqués dans la dégradation de l'odeur et la flaveur des produits, notamment via l'apparition d'odeur de rance (Byrne et *al.*, 2001).

Les radicaux libres vont aussi attaquer les protéines de la viande en ciblant certains acides aminés. Les acides aminés les plus sensibles à l'attaque radicalaire sont les acides aminés basiques et aromatiques ainsi que la cystéine (Gatellier et *al.*, 2009).

1.2. Oxydation lipidique

L'oxydation des lipides est une réaction autocatalytique. Il s'agit d'un enchaînement de réactions radicalaires se déroulant en trois étapes : une première réaction produit un radical libre par élimination d'un hydrogène de l'acide gras (initiation), puis les réactions s'enchaînent pour produire plusieurs radicaux libres (propagation) qui se combinent pour former des composés non radicalaires (terminaison).

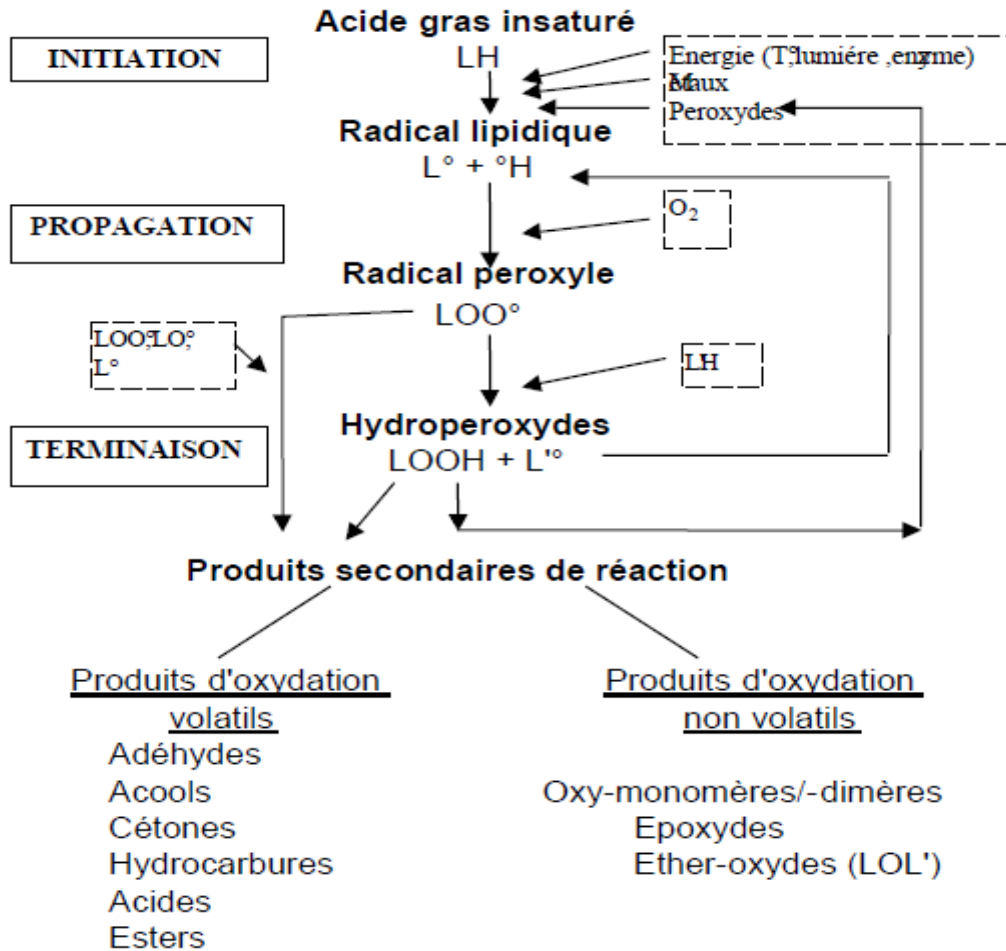
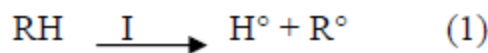


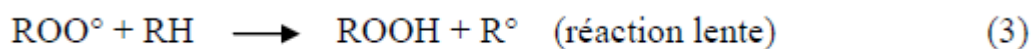
Figure 06 : Schéma général de l'oxydation des lipides (EYMARD Sylvie 2003).

1.2.1. Mécanisme réactionnel de l'oxydation des lipides (Bolland & Gee, 1946)

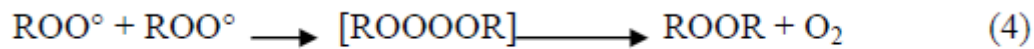
a. **Initiation** : En présence d'un initiateur (I), les lipides insaturés (RH) perdent un atome d'hydrogène pour former un radical libre de lipide (R°) (radical, lipoylé).



b. **Propagation** : Les radicaux libres formés fixent l'oxygène moléculaire et forment des radicaux libres peroxydes instables (2) qui peuvent réagir avec une nouvelle molécule d'acide gras pour former des hydroperoxydes (3).



- c. **Terminaison** : Les radicaux formés réagissent entre eux pour conduire à un produit qui n'est pas un radical libre.



1.2.2. Impacte de l'oxydation dans l'industrie alimentaire

L'oxydation des lipides dans les aliments pose de sérieux problèmes pour l'industrie alimentaire qui utilise de plus en plus des acides gras hautement insaturés tels que ceux de la série n-3 (x 3) très susceptibles à l'autoxydation. L'oxydation des lipides alimentaires entraîne des altérations qualitatives (rancissement), nutritionnelles (perte en vitamines) voire même une toxicité due aux produits issus de la peroxydation lipidique (peroxydes, aldéhydes) (Cillard 2006).

2. Stress oxydatif

Le stress oxydant est communément défini comme un déséquilibre entre les systèmes oxydants et les capacités antioxydants d'un organisme, d'une cellule ou d'un compartiment cellulaire (Barouki, 2006).

Au cours de la vie de l'animal, certaines périodes de stress peuvent engendrer un déséquilibre entre les espèces pro-oxydantes et antioxydants de l'organisme, et donc l'apparition de stress oxydant. Les espèces pro-oxydantes apparaissent lorsque les phénomènes radicalaires sont importants (Favier, 1997).

2.1. Établissement d'un stress oxydant

Les animaux sont donc soumis à des stress oxydants dans plusieurs situations (Hernandez et *al.*, 2010), soit au cours de l'élevage, ce qui peut impacter le rendement de production, voire la qualité de certains produits tels que les œufs ou le lait ; soit au cours de la phase d'abattage, ce qui peut impacter la qualité des muscles, et donc des viandes (Gobert et *al.*, 2014).

2.1.1. En phase d'élevage

Chez les animaux d'élevage, les mécanismes qui contrôlent la lipoperoxydation sont établis du vivant de l'animal. Par conséquent, les produits animaux possèdent un certain équilibre pro- et antioxydant. En fonction de cet équilibre, ces produits seront plus ou moins sensibles aux phénomènes de peroxydation non enzymatique qui auront lieu après la collecte du produit (lait, œuf) ou après la mort de l'animal (viandes) (Gobert et *al.*, 2014).

2.1.2. En phase de pré-abattage

La période de préabattage est complexe avec de nombreux facteurs potentiellement inducteurs de stress d'origine psychologique, tels que la peur, et d'origine physique, tels que l'exercice ou la privation de nourriture (Ferguson et *al.*, 2008).

L'intensité du stress oxydant est souvent évaluée par le suivi de la peroxydation des lipides (ou lipoperoxydation), qui sont les premières cibles de l'oxydation. L'exercice physique augmente la lipoperoxydation dans le muscle conformément à cette observation, le stress préabattage influence le niveau de lipoperoxydation musculaire post mortem via des effets sur la stabilité oxydative des lipides, les niveaux de rancidité et les paramètres de couleur (Linares et *al.*, 2007), le transport et la température d'ambiance sont aussi des éléments majeurs impactant le stress oxydant des animaux en phase de pré-abattage.

Selon Pollard et *al.*, (2003) et Hernandez-Trevino et *al.*, (2011) le transport d'animaux par fortes chaleurs est à éviter au maximum, notamment car le niveau de stress préabattage impacte l'intensité ultérieure de la lipoperoxydation dans les produits. Le stress oxydant avant l'abattage entraîne donc une diminution des défenses antioxydantes et l'apparition de dommages cellulaires. Les dégradations oxydatives pourraient être d'autant plus fortes que les teneurs en antioxydants ont été réduites durant la période d'élevage et d'abattage.

2.1.3. Post-abattage

À la mort de l'animal, la lipoperoxydation se poursuit après l'arrêt de la circulation sanguine et du métabolisme musculaire. De plus, la lyse des cellules musculaires, dues aux étapes de parages et de découpes, favorise la lipoperoxydation et la formation d'anions superoxydes ($O_2^{\circ-}$) et du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2).

La stabilité d'un produit provenant du muscle (viandes et produits transformés) dépend de la teneur en peroxydes, mais aussi des ions métalliques intracellulaires. En effet, mise à part pour les volailles, les viandes sont riches en fer héminique présent dans les globules rouges (hémoglobine) et dans la myoglobine du muscle, ainsi qu'en zinc. Ces éléments peuvent contribuer fortement à l'induction de la lipoperoxydation. La peroxydation des lipides est l'un des premiers mécanismes de dégradation de la qualité des viandes qui peut se manifester par une détérioration de la flaveur, de la couleur, de la texture et de la valeur nutritionnelle du fait d'une production de composés toxiques (Buckley et *al.*, 1995).

2.1.4. Transformations technologiques

Les viandes, comme tout produit agroalimentaire, peuvent subir des transformations. La plupart du temps, elles sont maturées, conditionnées et cuites avant d'être consommées. Elles peuvent aussi subir des transformations technologiques visant à la préparation de viandes hachées ou encore de plats cuisinés.

Pour sa consommation, dans les pays occidentaux, la viande subit généralement un traitement de cuisson qui permet d'inactiver les microorganismes potentiellement pathogènes et de développer ses qualités sensorielles. Cependant, cette étape favorise la production de radicaux libres oxygénés (Rhee et *al.*, 1987) qui peuvent initier des réactions de peroxydations lipidiques. Des synthèses concernant les mécanismes et les conséquences de la peroxydation des lipides (Durand et *al.*, 2005).

2.2. Réaction de lipo-peroxydation dans les muscles et viandes

Le stress est directement relié à l'oxydation des lipides du muscle (McClelland, 2004). C'est pourquoi une manipulation inadaptée des animaux durant l'abattage peut affecter les niveaux de rancidité des viandes (Juncher et *al.*, 2003), avant même l'application de transformations technologiques très délétères pour les qualités des viandes.

La lipoperoxydation a également été mesurée dans des viandes provenant d'agneaux abattus sans étourdissement préalable ou après un étourdissement électrique ou par inhalation de CO₂ (Linares, 2007). Les niveaux de lipoperoxydation étaient les moins élevés dans les viandes fraîches provenant des agneaux étourdis par inhalation de CO₂ ; lorsqu'il est pratiqué correctement, ce mode d'étourdissement est considéré comme l'un des moins stressants parmi les trois testés.

2.3. Impacts nutritionnels des oxydations lipidiques

2.3.1. Pertes nutritionnelles

Les pertes nutritionnelles peuvent être de différentes natures, mais sont en partie dues à des phénomènes liés à l'oxydation. Ainsi, ces pertes concernent : les AGPI essentiels, les AA indispensables, tels que la lysine, l'histidine ou encore la méthionine, et les vitamines, ou de manière plus générale, les antioxydants (Gobert et *al.*, 2014).

2.3.2. Accumulation de produits délétères

La toxicité des produits d'oxydation contenus dans les viandes est difficile à évaluer, car elle résulte d'interactions complexes entre les produits d'oxydation des lipides et d'autres composés présents au sein des viandes. Les complexes ainsi formés peuvent limiter la biodisponibilité des produits de lipoperoxydation ou générer des produits toxiques à partir de composés non lipidiques. Parmi les composés non lipidiques des aliments et particulièrement des viandes, les protéines représentent une cible d'attaque privilégiée des produits finaux d'oxydation des lipides (Gobert et *al.*, 2010).

Dans les viandes, des teneurs de 1 et 4 g de MDA/g de viande ont été retrouvées dans du cœur de rumsteck après une maturation de dix jours sous vide, puis conditionné respectivement cinq jours sous film ou 11 jours sous atmosphère modifiée (70 % O₂ ; 30 % CO₂) (Durand et *al.*, 2006). Ces valeurs sont supérieures aux valeurs seuil d'acceptabilité en termes de flaveur rance (déterminé par des jurys de consommateurs) qui sont voisines de 1 g de MDA/g de viande (Campo et *al.*, 2006).

3. Matière grasse de la viande ovine

La viande à base de mouton est considérée comme un aliment de haute qualité en raison de sa valeur nutritive élevée et de sa caractéristique organoleptique. Cependant, bien qu'elle soit un produit traditionnel fortement implanté dans la société, sa consommation a parfois été remise en question, en partie à cause de l'image négative que le consommateur a de la quantité et de la composition des graisses qu'elle contient (Manso et *al.*, 2016).

Les acides gras ruminants ayant des propriétés bioactives comprennent les acides gras insaturés tels que l'acide vaccinique (VA), l'acide linoléique conjugué (ALC), en particulier son isomère le plus abondant, connus sous le nom d'acide ruménique (RA, cis-9 trans 11CLA) et l'oméga -3 acides gras (AGPI n-3), de sorte qu'il y a une forte interaction entre les niveaux de lait et de viande (Raes et *al.*, 2004).

L'alimentation est le principal facteur affectant la qualité des produits ovins (Shingfield et *al.*, 2008). Une augmentation du degré d'insaturation des graisses la rend également plus sensible à l'oxydation. L'utilisation d'antioxydants dans les rations est l'une des stratégies utilisées pour empêcher l'oxydation lipidique de la viande. La vitamine E a été largement utilisée dans l'alimentation animale pour préserver la viande, mais elle a été remise en question en raison de son origine synthétique et de sa bio-efficacité limitée lorsque l'apport en AGPI n-3 est trop élevé (Luciano, 2011).

La préférence croissante des consommateurs pour les produits naturels et les bienfaits pour la santé a intensifié la recherche de méthodes alternatives pour retarder l'oxydation des lipides de la viande. La supplémentation en substances phénoliques a été suggérée comme stratégie d'alimentation pour augmenter les caractéristiques fonctionnelles de la viande et du lait des petits ruminants, et pour améliorer la stabilité à l'oxydation et la couleur de la viande pendant le stockage (Luciano, 2011).

1. Conservation de la viande

La conservation de la viande est devenue essentielle pour le transport de la viande pour longues distances sans altérer la texture, la couleur et la valeur nutritive après le développement et la croissance rapide des supermarchés (Nychas et *al.*, 2008).

Les méthodes traditionnelles de conservation de la viande telles que le séchage, le fumage, le saumurage, la fermentation, la réfrigération et la mise en conserve ont été remplacées par nouvelles techniques de conservation telles que les produits chimiques, les techniques non thermiques (Zhou et *al.*, 2010).

Les objectifs des méthodes de conservation sont d'inhiber la détérioration microbienne et aussi de minimiser l'oxydation et altération enzymatique. Les méthodes actuelles de conservation de la viande sont largement classées en trois méthodes (a) de contrôle de la température (b) le contrôle de l'activité de l'eau (c) l'utilisation de produits chimiques ou de bioconservateurs (Zhou et *al.*, 2010). Une combinaison de ces techniques de conservation peut être utilisée pour diminuer le processus de détérioration (Bagamboula et *al.*, 2004).

La préservation de la nourriture a plusieurs objectifs (Pal, 2014) :

- Pour contrôler les infections d'origine alimentaire et les intoxications ;
- Pour assurer la sécurité des aliments des microbes ;
- Pour empêcher la détérioration des aliments ;
- Pour prolonger la durée de vie des aliments ;
- Pour améliorer la qualité de conservation des aliments ;
- Réduire les pertes financières.

1.1. Réfrigération

C'est la méthode de conservation la plus utilisée à court terme le stockage de la viande comme réfrigération / réfrigération ralentit ou limite le taux d'altération à une température inférieure à la gamme optimale peut inhiber le microbe croissance (Cassens, 1994)., réactions enzymatiques et chimiques (Pal, 2014). Stockage de la viande fraîche est fait à une température de réfrigération de 2 à 5°C. Le refroidissement est critique pour l'hygiène de la viande, la sécurité, la durée de conservation, l'apparence et la qualité nutritionnelle (Pal, 2014). Les carcasses sont d'abord pendues dans des glacières réfrigérées (15°C) retirer leur chaleur corporelle, puis les transmettre aux glacières (5°C). Il est essentiel de maintenir un bon espacement entre les carcasses pour permettre toute la circulation de l'air. Il est employé par deux méthodes : refroidissement par immersion, dans lequel le produit est plongé dans un liquide de refroidissement (4°C) (b) refroidissement de l'air, dans lequel les carcasses sont vaporisées d'eau dans une pièce avec circulation d'air frais (Carroll et *al.*,2008).

La réfrigération de la viande commence par le refroidissement de la carcasse des animaux et continue tout au long des canaux entiers de tenue, de coupe, transport, vente au détail, l'exposition et même dans les habitudes du consommateur avant l'utilisation finale. L'humidité relative est généralement maintenue à 90% afin d'éviter un rétrécissement excessif dû à la perte d'humidité (Mahendra, 2018).

La durée de la réfrigération de la viande est influencée par les espèces d'origine, la charge microbienne initiale, l'emballage et la température ainsi que condition d'humidité pendant le stockage. Le porc et la volaille commencent par charge microbienne comparativement élevée. Indépendamment des espèces d'origine, un soin maximum doit être pris lors de la manipulation de la viande afin de vérifier la contamination microbienne supplémentaire. La température de réfrigération favorise la croissance des organismes psychrophiles responsables de la détérioration de la viande en temps voulu (Mahendra, 2018).

Généralement, la viande fraîche reste en bon état pendant une période de 5 à 7 jours si elle est conservée à une température de réfrigération de $4 \pm 1^\circ\text{C}$. Raccourcissement à froid et le durcissement peut résulter du refroidissement ultrarapide de la viande pré-rigor (Ockerman et *al.*,2004). Il est souligné que la viande transformée doit être stockée sous condition réfrigérée jusqu'à ce qu'elle soit finalement consommée. La viande bien conservée a une durée de conservation améliorée par rapport à la viande fraîche (Mahendra Pal, 2018).

1.2. Congélation

La congélation est une méthode idéale pour conserver les caractéristiques d'origine de viande fraîche. La viande contient environ 50-75% en poids d'eau, selon l'espèce, et le processus de congélation convertit la majeure partie de l'eau en glace (Heinz et *al.*, 2007). Elle arrête la charge microbienne et retarde l'action des enzymes (Mahendra, 2018).

L'avantage le plus important de la congélation est la rétention de la plupart des valeurs nutritives de la viande pendant le stockage, avec une très faible perte de nutriments présents dans le goutte-à-goutte au cours du processus de décongélation. C'est important d'emballer la viande fraîche dans un film d'emballage approprié avant de congeler autrement la viande subite une brûlure par congélation. Cette condition anormale se produit en raison de déshydratation progressive de la surface entraînant la concentration des pigments de la viande sur la surface (Mahendra, 2018).

La qualité de la viande congelée est également influencée par son taux de congélation. Dans la congélation lente, il y a formation de gros cristaux de glace, ce qui peut causer dommages physiques aux tissus musculaires, ce qui lui donne un aspect déformé l'état congelé. En congélation rapide, de nombreux petits cristaux de glace sont formés uniformément dans tout le tissu de la viande. Le taux de congélation est augmenté avec des baisses de température, près de 98% de l'eau gèle à -20 °C et la formation complète de cristaux se produit à 65 °C (Rosmini et *al.*, 2004). Ainsi, le problème du rétrécissement de la fibre musculaire et de l'apparence distendue n'est pas présent dans le tissu de la viande. Les pertes par égouttement pendant la décongélation sont considérablement bas que l'eau gèle dans la fibre musculaire elle-même. Nombreuses petites glaces cristaux à la surface de la viande surgelée sont également importants ils donnent une couleur claire désirable comparée à la viande congelée lente (Mahendra, 2018). La croissance microbienne s'arrête à -12 °C et l'inhibition totale du système cellulaire le métabolisme dans les tissus animaux est inférieur à -18 °C (Perez-Chabela et *al.*, 2004). Cependant, les réactions enzymatiques, le rancissement oxydatif et la cristallisation de la glace jouer un rôle important dans la détérioration (Zhou et *al.*, 2010). Pendant la congélation, environ 60% de la population microbienne viable meurt, mais la population restante augmente progressivement pendant la congélation (Mahendra, 2018).

1.3. Durcissement (Curing)

Le chlorure de sodium, le nitrate de sodium, le nitrite de sodium et le sucre sont les principaux ingrédients de durcissement. Différentes méthodes de durcissement sont pratiquées en Inde, telles que le durcissement à sec, le décapage au cornichon, le durcissement par injection, le durcissement direct, etc (Rahman, 1999). La conservation de la viande par salage lourd est une pratique de la vieillesse. Le chlorure de sodium a une longue histoire d'utilisation dans la conservation des aliments dans des concentrations suffisamment élevées (Dave et *al.*, 2011).

Il a été appliqué comme une règle de pouce parce que les installations de réfrigération n'étaient pas disponibles pendant les jours anciens. Plus tard, le durcissement par le sel ordinaire et le nitrate de sodium entraîné des produits comparativement améliorés. Le chlorure de sodium inhibe la croissance microbienne par augmentation de la pression osmotique ainsi que la diminution de l'activité de l'eau dans le milieu. Certaines bactéries peuvent être inhibées par concentrations aussi faibles que 2% (Mahendra, 2018).

Une concentration de 20% de chlorure de sodium est assez élevée pour inhiber de nombreuses levures d'altération des aliments, y compris *Debaryomyces hansenii*, *Yarrowia lipolytica*, *Kloeckera apiculata*, *Kluyveromyces marxianus*, *Pichia anomala*, *Pichia membranaefaciens*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Yarrowia lipolytica*, *Zygosaccharomyces bailii* et *Zygosaccharomyces rouxii* (Praphailong et *al.*, 1997). Cependant, certains micro-organismes des genres *Bacillus* et *Micrococcus* capacité démontrée à tolérer de fortes concentrations de sel (Mahendra, 2018). Les sucres ont les capacités de lier avec l'humidité et réduire l'activité de l'eau dans aliments (Dave et *al.*, 2011).

Dextrose, saccharose, cassonade, sirop de maïs, lactose, miel, les mélasses, les maltodextrines et les amidons sont généralement utilisés dans la viande séchée en tant que source de sucres ou d'hydrates de carbone pour améliorer la saveur, réduire la dureté du sel et réduire l'activité de l'eau (USDA, 2005). Au Canada et aux États-Unis, les sucres sont généralement reconnus comme sûrs (DJC, 2009, USFDA, 2009). Les nitrites utilisés dans l'industrie de la conservation de la viande sont toujours sous forme des sels tels que le nitrite de sodium ou le nitrite de potassium. Les nitrites fournissent une couleur de viande rouge stabilisée, saveur de viande salée et retard de rancissement (Jay et *al.*, 2005).

En outre, les sels de nitrite sont efficaces pour contrôler la couleur, l'oxydation des lipides et l'odeur en plus de contrôler les bactéries anaérobies (Sindelar et *al.*, 2009). La limite actuelle pour le nitrite dans les aliments est de 156 ppm aux États-Unis et de 200 ppm au Canada pour les produits carnés (DJC 2009). D'un autre côté, l'utilisation de nitrite en tant qu'additif alimentaire peut former des nitrosamines cancérigènes en cas d'exposition prolongée. Cependant, il n'existe aucune preuve épidémiologique soutenir la relation entre la consommation de nitrate et un cancer spécifique ou un risque de cancer (Ghaly, 2010).

1.4. Fumage

Le fumage est également connu comme une aide à la conservation de longue durée pour les produits carnés. Il est maintenant bien connu que la fumée contient un grand nombre de produits de dégradation du bois tels que les aldéhydes, les cétones, les acides organiques, les phénols et bien d'autres. La conservation de la viande par la fumée est également due à la déshydratation de la surface, l'abaissant du pH de la surface et la propriété antioxydante des constituants de la fumée. Le durcissement et le fumage de la viande sont étroitement liés. Ces jours-ci, le durcissement est généralement suivi par le fumage (Mahendra, 2018).

La fumée est produite dans une maison de fumée spécialement construite où sciure ou bois dur et parfois les deux sont soumis à combustion à la température d'environ 300 °C (Pal, 2014). La génération de fumée est accompagnée par la formation de nombreux composés organiques et leurs produits de condensation. Les aldéhydes et les phénols se condensent constituent 50% des composants de la fumée et contribuent à la couleur des produits de viande fumée. Les phénols agissent principalement en tant que chef des composés bactéricides (Mahendra, 2018).

Actuellement, de nombreuses préparations de fumée liquide sont commercialement disponibles dans les pays développés. La fumée liquide est généralement préparée à partir de bois dur dans lequel les hydrocarbures polycycliques sont enlevés par filtration. Application de fumée liquide sur la surface du produit avant la cuisson confère une saveur de fumée, ce qui est très aimé par le consommateur (Pal, 2014).

1.5. Traitement thermique

Le traitement thermique comme méthode de conservation est employé pour tuer les micro-organismes causant la détérioration. La pasteurisation se réfère au chauffage modéré dans la gamme de température de 58-75 °C, qui est aussi la gamme de la température de cuisson de la plupart des viandes transformées. Ce traitement thermique prolonge la durée de conservation de la viande de manière significative. Il est impératif que les produits doivent être également stockés dans les conditions de réfrigération (Mahendra, 2018).

La stérilisation se réfère au chauffage sévère de la viande aux températures au-dessus de 100 °C, par lequel tous les micro-organismes causant la détérioration dans la viande sont tués ou leurs cellules microbiennes sont endommagées au-delà de toute réparation. Ce traitement thermique rend les produits carnés commercialisés stériles, mais les bactéries sporulées peuvent survivre. Cependant, l'exposition de la viande à haute température confère des arômes sulfhydryl dans les boîtes et modifie également la texture.

Plusieurs produits carnés diffèrent dans la teneur en eau, la graisse et la consistance. Ce sont les facteurs déterminants du calendrier de traitement thermique. Pour par exemple, la chaleur humide est plus efficace pour tuer les micro-organismes et spores par rapport à la chaleur sèche. Par conséquent, un produit carné à haute teneur en humidité nécessite relativement moins de chaleur pour la stérilisation (Pal, 2014).

1.6. Mise en boîte

C'est le processus de conservation réalisé par la stérilisation thermique d'un produit conservé dans des récipients hermétiquement fermés. La mise en boîte préserve l'attribut sensoriel tel que l'apparence, la saveur et la texture des produits carnés dans une large mesure. En outre, les produits carnés en conserve ont une durée de vie d'au moins deux ans à température ambiante. La mise en boîte implique plusieurs étapes, qui comprennent la préparation de la viande, précuisson, remplissage, épuisement, sertissage, traitement thermique, refroidissement et stockage (Pal, 2014).

1.7. Déshydratation

Enlèvement de l'eau de la viande concentre les nutriments solubles dans l'eau en les rendant indisponibles pour les micro-organismes. Le retrait de l'eau de la viande entraine la concentration des nutriments solubles dans l'eau ce qui les rend indisponibles pour les microorganismes. L'ampleur de l'indisponibilité de l'eau à la cellule microbienne est exprimée en tant qu'activité de l'eau. La déshydratation réduit considérablement l'activité de l'eau pour empêcher la croissance des microbes causant l'altération. Le séchage au soleil des morceaux de viande en tant que moyen de conservation était pratiqué dans les temps anciens, mais la réhydratation de tels morceaux de viande était limitée. Le processus de séchage mécanique implique le passage de l'air chaud avec une humidité contrôlée, mais ici aussi il y a des difficultés de réhydratation.

La lyophilisation de la viande est un processus satisfaisant de déshydratation, conservation en raison de meilleures propriétés de reconstitution, qualité nutritive et l'acceptabilité des produits de viande. La lyophilisation implique l'élimination de l'eau d'un aliment par sublimation de l'état congelé à état de vapeur en le gardant sous vide et en donnant un traitement thermique bas. La lyophilisation de la viande est réalisée en trois étapes, à savoir précongélation, séchage primaire et séchage secondaire (Pal, 2014).

La viande est d'abord congelée à -40 °C, puis elle est séchée sous vide pour 9-12 heures à basse température dans des échangeurs de chaleur à plaques de 1-1,5 mm pression de Hg. Les cristaux de glace se subliment aux vapeurs d'eau et il n'y a pas de hausse de température. Dans la 1ère phase de séchage, l'eau libre et immobilisée de la viande, qui est congelée, constitue environ 90-95% du total de l'humidité, est enlevée. Le séchage secondaire est effectué à haute température retirer l'eau liée restante de 4-8%. Les produits lyophilisés sont emballés sous vide et ont une très bonne stabilité au stockage. Le procédé a été largement utilisé pour la préparation de la soupe mélangée à la viande déshydratée (Pal, 2014).

1.8. Produits chimiques

Les opérations de congélation énergivores sont le meilleur moyen de préserver la carcasse, la viande et les produits à base de viande pendant plus longtemps, ce qui inhibe la croissance bactérienne, mais pas les psychrophiles et les spores. La plupart de ceux-ci survivent à la congélation et se développent pendant la décongélation (Neumeyer et *al.*, 1997).

Les méthodes traditionnelles pour la conservation de la viande par salage et la cueillette sont bien procédés acceptés. D'autres produits chimiques ont été utilisés comme additifs alimentaires pour la conservation de la viande, mais chaque pays a établi ses règles et règlements et des limites établies aux fins de la prévention des effets nocifs pour l'homme (Cassens, 1994). La conservation par congélation ne peut pas empêcher l'oxydation et l'altération microbienne / enzymatique (Jay et al., 2005). Ainsi, les méthodes chimiques de conservation sont très bénéfiques en combinaison avec réfrigération afin d'optimiser la stabilité, la qualité du produit tout en maintenant la fraîcheur et la valeur nutritive (Cassens, 1994).

Les conservateurs antimicrobiens sont des substances qui sont utilisées pour prolonger la durée de conservation de viande en réduisant la prolifération microbienne lors de l'abattage, transport, traitement et stockage (Rahman, 1999). La croissance des bactéries et la détérioration de la viande dépendent des espèces de bactéries, disponibilité des nutriments, pH, température, humidité et atmosphère gazeuse (Cervený et al., 2009). Les composés antimicrobiens ajoutés durant le traitement ne doivent pas être utilisés comme un substitut à de mauvaises conditions de traitement ou de couvrir un produit déjà gâté (Ray, 2004). Ils offrent une bonne protection pour la viande en combinaison avec la réfrigération (Cassens, 1994). Les composés antimicrobiens communs comprennent : les chlorures, les nitrites, les sulfures et les acides organiques (Chipley, 2005).

Le stockage par congélation ne peut pas empêcher la détérioration oxydative et altération microbienne / enzymatique (Jay et al., 2005). Ainsi, les méthodes chimiques de conservation sont très bénéfiques en combinaison avec la réfrigération dans l'ordre pour optimiser la stabilité, la qualité du produit tout en conservant sa fraîcheur valeur nutritionnelle (Cassens, 1994). Plusieurs acides organiques ont généralement été reconnus comme sûrs. Acide benzoïque, acide citrique, acide propionique, acide sorbique et leurs sels sont des inhibiteurs de moisissures efficaces. Acide acétique et acide lactique empêchent la croissance bactérienne alors que le sorbate et l'acétate sont capables d'arrêter la croissance des levures dans l'aliment. Acide ascorbique (vitamine C), l'ascorbate de sodium et le D-isoascorbate (érythorbate) ont été utilisés comme des conservateurs de viande. Leurs propriétés antioxydantes peuvent oxyder les espèces réactives d'oxygène produisant de l'eau. L'acide ascorbique a été montré pour améliorer l'activité antimicrobienne des sulfites et des nitrites (Mahendra, 2018).

L'activité améliorée comprend à la fois les propriétés antioxydantes et la séquestration du fer (Mahendra, 2018). L'acide benzoïque et le benzoate de sodium sont également utilisés comme conservateurs dans l'industrie de la viande. La molécule non dissociée d'acide benzoïque est responsable de son activité antibactérienne (Feiner, 2006).

L'acide benzoïque est généralement utilisé pour inhiber les levures et les champignons plutôt que des bactéries (Feiner, 2006). Il a été rapporté que des levures telles que *Saccharomyces* et *Zygosaccharomyces* ont la capacité intrinsèque de résister à l'acide benzoïque dans les limites toxicologiques tolérables. La combinaison du traitement à l'acide benzoïque et des conditions de privation d'azote est suggérée d'imposer une conservation efficace des aliments à partir de la détérioration de la levure (Mahendra, 2018).

1.9. Utilisation des antioxydants dans la viande

L'utilisation d'antioxydants est une action primordiale de l'industrie de la viande augmenter la durée de conservation de leurs produits (Lorenzo et *al.*, 2018). Celles-ci les composés exercent un rôle spécifique, par exemple, rompre la chaîne oxydative réaction, chélatant les métaux de transition et piégeant les radicaux libres et réactifs espèces (Augustyniak et *al.*, 2010). Cependant, l'impact incertain de sources synthétiques d'antioxydants dans la santé a été considéré comme inconvenient pour les consommateurs en raison du risque potentiel pour la santé. Dans ce scénario conflictuel d'utilisation à grande échelle dans les produits carnés et les produits de santé, antioxydants synthétiques sont suggérés pour être remplacés par des composés naturels de légumes dans le l'industrie de la viande (Fernandes et *al.*, 2016).

1. Définition des antioxydants

Une des plusieurs définitions tente à définir un antioxydant comme « toute substance qui, une fois présentée à une concentration faible en comparaison avec celle d'un Substrat oxydé, retarde considérablement ou empêche l'oxydation du substrat » (Medina-Navarro et *al.*, 2010).

Un nouveau concept beaucoup plus général l'a défini comme « une substance qui retarde, empêche ou élimine les dommages oxydatifs d'une molécule cible causés par les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène (ROS) » (Heo et *al.*, 2007).

Les radicaux libres sont des espèces réactives vis-à-vis des constituants organiques et des structures cellulaires (Venkateswarlu et *al.*, 2011). Un antioxydant idéal devrait être aisément absorbé, susceptible d'éliminer les radicaux libres, et chélater les métaux redox à des niveaux physiologiquement appropriés (Rahman, 2007).

Ils ont la capacité de contrecarrer les effets néfastes des radicaux libres dans les tissus. Ils protègent contre le cancer, l'artériosclérose, les maladies cardiaques et plusieurs autres maladies (Bandyopadhyay et *al.*, 2007).

2. Polyphénols

2.1. Présentation générale des polyphénols

Les composés phénoliques ou les polyphénols sont des métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal étant trouvé dans tous les fruits et les légumes. Ces composés sont présents dans toutes les parties des plantes, mais avec une répartition quantitative qui varie entre les différents tissus. Plus de 8000 structures ont été identifiées (Waksmundzka-Hajnos et *al.*, 2011), allant de simples molécules comme les acides phénoliques à des substances hautement polymérisées comme les tanins (Dai et *al.*, 2010). Ils sont synthétisés par l'ensemble des végétaux et ils participent aux réactions de défense face à différents stress biotiques (agents pathogènes, blessures, symbiose) ou abiotiques (lumière, rayonnements UV, froid, carences). Les polyphénols contribuent à la qualité organoleptique des aliments issus des végétaux (couleur, astringence, arôme, amertume) (Visioli et *al.*, 2000).

Les polyphénols sont caractérisés par la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester, hétéroside (Bruneton, 1999). Ils sont communément subdivisés en acides phénoliques

(dérivés de l'acide benzoïque ou dérivés de l'acide cinnamique), coumarines, stilbènes, flavonoïdes, lignanes, lignines, tanins (Cheynier, 2005).

2.2. Classification des polyphénols

Les composés phénoliques peuvent être regroupés en de nombreuses classes (Tableau 02) qui se différencient d'abord par la complexité du squelette de base (allant d'un simple C6 à des formes très polymérisées). Ensuite, par le degré de modification de ce squelette (degré d'oxydation, d'hydroxylation et de méthylation... etc.). Enfin, par les liaisons possibles de ces molécules de base avec d'autres molécules (glucides, lipides, protéines... etc.) (Macheix et *al.*, 2005).

Tableau 02 : Principales classes des composés phénoliques (Macheix et *al.*, 2005).

Squelette carboné	Classe	Exemple	Origine (exemple)
C6	Phénols simples	Catéchol	
C6-C3	Acides hydroxybenzoïques	p-Hydroxybenzoïques	Épices, fraise
C6-C3	Acides hydroxycinnamique Coumarines	Acide céféique, acide férulique Scopolétine, esculétine	Pomme de terre, pomme Citrus
C6-C2-C6	Silènes	Resvératrol	Vigne
C6-C3-C6	Flavonoïdes <ul style="list-style-type: none"> • Flavonols • Anthocyanes • Flavanols • Flavanones • Isoflavonols 	Kamphérol, quercétine Cyanidine, pélargonidine Catéchine, épicatechine Naringénine Daidzéine	Fruits, légumes, fleurs Fleurs, fruits rouges Pommes, raisin Citrus Soja
(C6-C3) ²	Lignanes	Pinorésinol	Pin
(C6-C3) ⁿ	Lignines		Bois, noyau de fruits
(C15) ⁿ	Tanins		Raisin rouge, kaki

Les polyphénols peuvent se regrouper en deux grands groupes : les non-flavonoïdes dont les principaux composés sont : les acides phénoliques, les stilbènes, les lignanes, les lignines et les coumarines (Hoffmann, 2003) ; et les flavonoïdes, dont on caractérise principalement : les flavines, flavanones, flavonols, isoflavonones, anthocyanines, proanthocyanidines et flavanols (Pincemail et *al.*, 2007).

2.2.1. Flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent un groupe de plus de 6000 composés naturels qui sont quasiment universels chez les plantes vasculaires. Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange, et rouge de différents organes végétaux (Ghedira, 2005). Tous les flavonoïdes possèdent la même structure de base (C₆-C₃-C₆), ils contiennent quinze atomes de carbone dans leur structure de base : deux cycles aromatiques A et B à six atomes de carbones (Figure 3) liés avec une unité de trois atomes de carbone qui peut ou non être une partie d'un troisième cycle C (Tapas et *al.*, 2008).

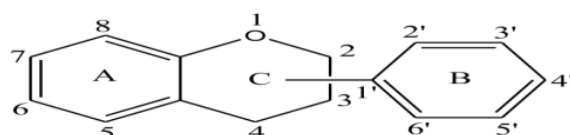


Figure 07 : Structure de base des flavonoïdes (Di Carlo et *al.*, 1999).

Plus de 4000 flavonoïdes ont été identifiés dans les plantes, et la liste ne cesse de croître. C'est à cause de l'apparition de nombreux modèles de substitution ; les substituants primaires (groupe hydroxyle) peuvent eux-mêmes être substitués (glycosylés ou acylés) donnant parfois des structures très complexes (D'Archivio et *al.*, 2007). Les principales classes des flavonoïdes sont : les flavonols, les flavines, les flavanones, les flavanols, les isoflavones et les anthocyanes (Sadasivam et *al.*, 2003), ils varient dans leurs caractéristiques structurales par la diversité fonctionnelle autour de l'oxygénation de l'hétérocycle.

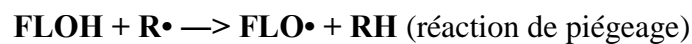
a. Activités biologiques des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des constituants naturels extrêmement actifs. Plusieurs études ont démontré une large gamme des effets biochimiques et pharmacologiques de ces composés.

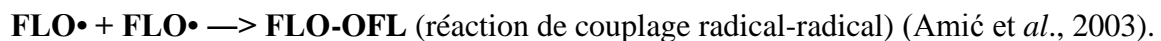
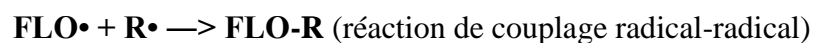
- **Activité antioxydante**

L'activité du piégeage des radicaux libres est l'un des mécanismes importants de l'activité antioxydante. Pour les flavonoïdes, ce mécanisme est lié à leur structure et de l'arrangement des groupements hydroxyles (Sokol-Letowska et *al.*, 2007). Ces composants peuvent intervenir en captant directement les radicaux libres, ou inhibant les enzymes responsables de la génération des ROS, ou en captant les cations métalliques (Madi, 2010).

Les flavonoïdes sont capables de piéger les radicaux libres en formant des radicaux flavoxy les moins réactifs, cette capacité peut être expliquée par leur propriété de donation d'un atome d'hydrogène à partir de leur groupement hydroxyle selon la réaction représentée ci-dessous :



Cette réaction de piégeage donne une molécule stable (RH) et un radical flavoxy (FLO•), ce dernier va subir un changement de structure par résonance ; redistribution des électrons impairs sur le noyau aromatique pour donner des molécules de faible réactivité par rapport aux R• ; en outre les radicaux flavoxyles peuvent interagir entre eux pour former des composés non réactifs (Zeghad, 2009).



2.3. Rôles et propriétés des composés phénoliques

Le rôle des composés phénolique est maintenant reconnu dans différents aspects de l'utilisation :

2.3.1. Dans l'aliment

Dans les aliments, ils sont partiellement responsables des qualités sensorielles et alimentaires des aliments végétaux, ils peuvent contribuer à l'amertume (principalement les flavanones), l'astringence, la couleur, la flaveur, l'odeur et la stabilité de l'oxydation de l'aliment (Naczka et *al.*, 2004).

Les effets bénéfiques des polyphénols intéressent particulièrement deux domaines : la phytothérapie et l'hygiène alimentaire (leong et *al.*, 2002). Les polyphénols sont également utilisés comme additifs pour l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Les industriels commercialisent maintenant des aliments enrichis en polyphénols ou des suppléments alimentaires. De plus, leur activité antioxydant assure une meilleure conservation

des denrées alimentaires en empêchant la peroxydation lipidique. Dans l'industrie cosmétique, les composés phénoliques trouvent leur application pratique en luttant contre la production des radicaux libres néfastes dans la santé et la beauté de la peau. En phytothérapie, même si certaines indications sont communes à plusieurs classes (les propriétés vasculoprotectrices, sont par exemple aussi bien attribuées aux flavonoïdes qu'aux anthocyanes, tanins et autres coumarines), chaque classe chimique semble être utilisée pour des bénéfices spécifiques (Hennebelle et *al.*, 2004).

2.4. Consommation et dose journalière des polyphénols

Les polyphénols sont présents exclusivement et en abondance dans tous nos aliments et boissons d'origine végétale. Les teneurs en polyphénols dans les aliments sont affectées par les opérations de fractionnement, raffinage, broyage, fermentation, cuisson, conservation ou maturation qui se traduisent souvent par des réactions d'hydrolyse et d'oxydation des polyphénols (Morand et *al.*, 2014).

Les polyphénols sont de loin les plus abondants et les plus consommés. Au cours des dix dernières années, ils ont d'ailleurs fait l'objet d'un fort engouement de l'industrie agroalimentaire et de la communauté scientifique, avec des résultats qui mettent en exergue les effets santé potentiels associés à ces composés, notamment en lien avec la protection vasculaire (Morand, 2012).

Les apports qualitatifs et quantitatifs en polyphénols peuvent être très variables selon les habitudes alimentaires. Dans le cadre d'un partenariat entre l'INRA et l'industrie, la base de données Phénol explorer qui recense les teneurs en polyphénols dans nos aliments a été développée. L'utilisation de cette base sur une cohorte française a permis d'estimer l'apport moyen en polyphénols à environ 1,2 g/j et la contribution des flavonoïdes à plus de 40% de ces apports journaliers (Perez-Jimenez et *al.*, 2011).

2.5. Intérêt nutritionnel des polyphénols

Ce qui a fait la popularité et suscité l'engouement pour les polyphénols alimentaires c'est le fait qu'ils étaient considérés comme des antioxydants puissants, capables de piéger les radicaux libres et ainsi réduire le stress oxydant au niveau de l'organisme (Morand et *al.*, 2014).

Ceci toutefois à l'exception du tractus gastro-intestinal où les polyphénols présents en quantité importante peuvent agir en tant que piègeurs de radicaux libres. Aujourd'hui au niveau de l'organisme, les polyphénols sont perçus comme des molécules « signal » qui pourraient stimuler les défenses antioxydantes d'une part via l'inhibition des activités enzymatiques pro-oxydantes et d'autre part via la modulation des voies de signalisation intracellulaires contrôlant l'expression des enzymes anti-oxydantes (Morand et *al.*, 2014).

3. Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments organiques naturels produits par les plantes, les algues, certains types de champignons et certaines bactéries (Masaki, 2010), mais ils ne sont pas synthétisés par les animaux (Rao et Rao, 2007). Ils sont responsables de la couleur jaune, orange et rouge des fruits et légumes (Rao et Rao, 2007).

Les caroténoïdes sont des antioxydants liposolubles (Fusco et *al.*, 2007), ils sont une source importante de la vitamine A (Rao et Rao, 2007). L'activité antioxydante est connue pour être l'une des propriétés biologiques les plus importantes des caroténoïdes (Polyakov et *al.*, 2006), il existe plusieurs composés dans le groupe des caroténoïdes, mais le caroténoïde le plus étudié est le β -carotène, qui est un puissant antioxydant agissant rapidement sur l'oxygène singulet (Fusco et *al.*, 2007).

4. Fruits et légumes

Les fruits et légumes sont considérés comme un substitut important pour une alimentation saine et un déterminant de la santé. Une alimentation pauvre en fruits s'est avérée être le principal facteur contribuant à la mortalité et à la perte d'années de vie en bonne santé, et un régime pauvre en légumes est le quatrième contributeur (Forouzanfar et *al.*, 2015) et par conséquent, les personnes qui consomment peu de fruit et légume présentent un risque plus élevé de maladies chroniques et non transmissibles (Wang et *al.*, 2014).

Les aliments végétaux sont une source riche d'un certain nombre de composés bioactifs, notamment les polyphénols, les bétalaines, les caroténoïdes, les phytostérols et les glucosinolates, qui jouent un rôle reconnu dans la réduction du risque de certaines maladies (Prakash et *al.*, 2012).

4.1. Fraise

4.1.1. Taxonomie

Fragaria, le genre fraise, est l'un des 90 genres de la famille des plantes Rosa (*Rosaceae*) qui contient plus de 3000 espèces (Longhi et *al.*, 2014). Le genre *Fragaria* appartient à la sous-tribu *Fragariinae*, de la tribu *Potentilleae* sous la super-tribu *Rosodae* au sein de la sous-famille des *Rosoideae* (Potter et *al.*, 2007).

4.1.2. Présentation de la fraise

Le fruit de la fraise est l'une des baies les plus consommées à la fois dans les formes fraîches et transformées. C'est une source riche d'une grande variété de composés nutritifs tels que les sucres, vitamines et minéraux, ainsi que des composés bioactifs tels que l'acide ascorbique, les caroténoïdes, les composés phénoliques et les folates, dont la plupart sont des antioxydants naturels et contribuent à la haute qualité nutritionnelle du fruit (Giampieri et *al.*, 2015).

Le fruit de fraise est un fruit non climactérique et doit être récolté à pleine maturité afin d'obtenir une qualité de commercialisation maximale. Ce fruit est également hautement périssable, en raison de son taux de respiration élevé, de sa faible résistance mécanique et de sa forte susceptibilité à l'attaque des agents pathogènes (Neri et *al.*, 2014).

En plus de la production et de la commercialisation de fraises, le secteur des fraises comprend la fabrication de produits dérivés. Par exemple, environ 21% de la production totale de fraises est utilisée pour l'élaboration de produits tels que le yogourt, les jus, les confitures, etc. (Serrano, 2015).



Figure 08 : Fraise commercialisée (*Fragaria*×*ananassa*).

4.1.3. Fraise et antioxydant

La fraise (*Fragaria* × *ananassa*) est considérée comme un aliment fonctionnel offrant de multiples bienfaits pour la santé, notamment des effets antioxydants, cardiovasculaires, antihypertensifs et antiprolifératifs (Basu et *al.*, 2014).

Les fraises sont une source importante de vitamines de group B, de vitamine C, de vitamine E, de potassium, d'acide folique, de caroténoïdes et de flavonoïdes spécifiques comme la pelargonidine, la quercétine et la catéchine (Giampieri et *al.*, 2012) ou le tiliroside flavonoïde et possède des activités anti-inflammatoires, antioxydantes, anticarcinogènes et hépatoprotectrices (Goto et *al.*, 2012).

La capacité antioxydante élevée des fraises est principalement due à la présence d'acide ascorbique, d'ellagitanins et d'anthocyanines (Basu et *al.*, 2014). Les anthocyanes donnent au fruit sa couleur rouge caractéristique. Les anthocyanines présentes dans la fraise ont été étudiées et identifiées comme glycosides de cyanidine et de pélagonidine (Cerezo et *al.*, 2010).

D'autres polyphénols, tels que les glucosides et les glucuronides de la quercétine et du kaempférol, sont également présents (Cruz-Atonio et *al.*, 2010).

Un autre groupe important de phénols ayant des propriétés bioactives sont les tanins, divisés en tanins condensés (proanthocyanidines) et tanins hydrolysables (Skrovankova et *al.*, 2015).

4.2. Betterave rouge

4.2.1. Taxonomie

Beta vulgaris L. appartient à la famille des *Chenopodiaceae* (selon la classification classique) ou famille des *Amaranthaceae* (selon la classification phylogénétique), à la sous-famille des *Betoideae* et au genre *Beta* qui comprend une dizaine d'espèces. (Letscherf et *al.*, 1994).

4.2.2. Présentation de la betterave

La betterave rouge (*Beta vulgaris L.*) est l'une des cultures de légumes racines importantes et est très nutritive, car elle contient une quantité appréciable de saccharose (9,5%), de protéines (1,8%) et de matières grasses (0,1%). Il contient également de nombreux minéraux importants, à savoir le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium (Midilli et *al.*, 2002).

Ils sont commercialisés de diverses façons, comme les produits entiers, cuits, en conserve ou transformés de façon minimale, selon la région. La valeur nutritionnelle des betteraves est principalement retrouvée dans les vitamines, les minéraux et les composés bioactifs présents dans la racine tubéreuse (Costa et *al.*, 2017).

Les bétalaïnes sont les pigments responsables de la couleur rouge des betteraves, sont présentes dans tous les organes de la plante et sont principalement stockées dans la vacuole à cellules (Gandia-Herrero et *al.*, 2013).

Les bétacyanines dérivées de la betterave rouge sont utilisées pour teindre des produits tels que la crème glacée, le vin, la confiture, la marmelade et le yogourt. Qui plus est, la structure des molécules de bétacyanines en fait des antioxydants très puissants, plaçant la betterave parmi les dix premiers légumes caractérisés par les propriétés antiradicalaires les plus significatives (Azeredo, 2009).



Figure 09 : Betterave rouge commercialisée (*Beta vulgaris L.*).

4.2.3. Betterave et antioxydant

La betterave rouge est considérée comme une bonne source potentielle d'antioxydants (Mattila et *al.*, 2007). En outre, les racines des betteraves rouges présentent une capacité antioxydante élevée, qui est associée à la teneur en pigments de bétalaïne. Les bétalaïnes sont des pièges à radicaux libres efficaces (Pedreno et *al.*, 2000).

La Consommation de la betterave rouge qui est une source riche en antioxydants peut contribuer à protection contre les maladies liées à l'âge. Composés phénoliques présentés dans la betterave rouge diminuer les dommages oxydatifs des lipides et améliorer l'antioxydant statut chez les humains L'activité antioxydante de la betterave rouge est associée avec l'implication d'antioxydants dans le piégeage des radicaux libres et par conséquent dans la prévention de maladies comme le cancer et les maladies cardiovasculaires (Delgado-Vargas et *al.*, 2000).

1. Objectifs

La viande ovine est un produit hautement périssable vu sa grande teneur en acides gras, son exposition à l'aire et la lumière peut causer sa détérioration par des réactions d'oxydation lipidique.

Pour une meilleure conservation de ce produit, les boucheries ont opté pour l'utilisation des additifs antioxydants synthétiques sans avoir respecté les doses journalières admissibles ce qui serait nocif pour la santé du consommateur.

La recherche d'une solution alternative à fait l'objet de ce travail : une étude expérimentale basée sur l'ajout de polyphénols extraits à partir de la fraise et la de betterave rouge sur la viande hachée ovine fraîche et congelée pendant une semaine a permis de tester le pouvoir antioxydant de ces polyphénols à différentes doses.

2. Extraction et dosage des polyphénols

2.1. Échantillonnage

Des fraises fraîches (*Fragaria×ananassa*) et des betteraves rouges (*Beta vulgaris.l*) fraîches (variétés commercialisées) ont été achetées au marché local (Ain Sefra, Mostaganem, Algérie).

2.2. Conservation et transport

Les échantillons ont été transportés dans les mêmes conditions que le consommateur transportât ses fruits et légumes jusqu' au laboratoire, lors de notre arrivée au laboratoire les fraises et les betteraves a été mis directement dans le réfrigérateur à une température de 4°C.

2.3. Laboratoire d'analyse

L'extraction et le dosage des polyphénols ont été effectués au niveau du laboratoire de recherche « Protection des cultures » (Université Abdelhamid Ben Badis ITA Mostaganem).

2.4. Techniques analytiques

2.4.1. Détermination de la teneur en matière sèche (AFNOR, 1985)

La teneur en matière sèche de l'échantillon est déterminée en séchant 5g de produits à l'étuve réglée à une température de 105°C.

Méthode :

La première étape consiste à peser la matière brute. Pour ce faire, on pèse 5g de chaque échantillon à l'aide d'une balance de précision. L'aliquote est mise dans un creuset en porcelaine. Il faut noter que le creuset doit être pesé préalablement.

La deuxième étape fera l'objet de déshydratation de l'aliquote à l'étuve (105°C pendant 24h).

Après 24 heures, les creuses seront refroidies dans le dessiccateur pendant 45 minutes, la matière sèche restante est alors pesée par différence avec la masse initiale, la quantité d'eau évaporée est ainsi déduite.

En ce qui concerne le calcul :

Après séchage :

La teneur en matière sèche (MS) en gramme de l'échantillon est calculée par l'expression suivante :

$$\text{MS (g)} = (\text{Poids du creuset} + \text{l'aliquote après séchage}) - \text{poids du creuset vide}$$

Calcul de la matière sèche en % :

$$\text{MS (\%)} = (\text{MS(g)} / \text{masse échantillon (g)}) \times 100$$

La teneur en eau de l'échantillon est calculée par l'expression suivante

$$\text{Teneur en eau (\%)} = 100 - \text{MS (\%)}$$

2.4.2. Extraction des composés phénoliques

L'extraction des polyphénols a été faite selon la méthode de Boizot *et al.*, 2006 (avec quelques modifications).

Des fraises et des betteraves fraîches ont été lavées et coupées en petits morceaux ; elles ont été trempées dans un flacon qui contient un mélange de l'acétone et de l'eau distillée (80 :20), ce mélange a été utilisé comme solvant d'extraction de polyphénols, le flacon est placé dans un bain à ultrasons (sonificateur) pendant 45 min, puis l'extrait a été filtré sous vide ensuite passer dans un rotavapor a fin d'évaporer le solvant et concentrer l'extrait ; ce dernier a été congelé à $-18 \pm$ puis lyophilisé, le lyophilisat a été stocké dans un dessiccateur à température ambiante.

2.4.3. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été fait selon la méthode de Folin-Ciocalteu. Ce réactif est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Lors de l'oxydation, il est réduit en un mélange d'oxyde bleu. La coloration produite est proportionnelle à la quantité de phénols totaux présents dans l'extrait analysé (Boizot et Charpentier, 2006).

La teneur des polyphénols totaux contenus dans les extraits des fraises et la betterave a été déterminée suivant la méthode décrite par Miliauskas *et al.*, (2004). Cette méthode consiste à mélanger un volume de 1ml d'extrait (1mg/ml) avec 5ml de Folin-Ciocalteu (2M) dilués 10 fois. Après 5 minutes d'incubation, 4ml de carbonate de sodium à concentration de 75 g/l ont été additionnés. Parallèlement, dans les mêmes conditions, un étalon a été réalisé avec des concentrations croissantes d'acide gallique (standard) allant de 0 à 100 μ g/ml. Après une heure d'incubation à la température ambiante, l'absorbance a été lue à 765 nm contre un blanc (eau distillée) à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (Jenway 6715). Les teneurs en polyphénols totaux ont été exprimées en milligramme équivalent standard (acide gallique) par gramme de matière fraîche (mg EAG/g). Toutes les mesures ont été réalisées en triplicata.

2.4.4. Rendements des extraits

Les rendements de l'extrait de la fraise et de la betterave ont été calculés selon la formule suivante :

$$\text{Rdt (\%)} = (\text{P1} - \text{P2}) / \text{P3} \times 100$$

P1 : Poids du ballon après lyophilisation ;

P2 : Poids du ballon avant lyophilisation (ballon vide) ;

P3 : Poids de la matière végétale de départ.

2.4.5. Dosage des flavonoïdes

La méthode du trichlorure d'aluminium AlCl_3 (Chang et *al.*, 2002) a été adoptée pour quantifier les flavonoïdes totaux dans les différents extraits de la fraise et de la betterave.

Un volume de 0,75ml d' AlCl_3 (2 %) dans le méthanol a été mélangé à un volume égal d'extrait, puis l'ensemble a été incubé à l'ombre à la température ambiante pendant 10 minutes, et l'absorbance a été lue à 430 nm. La quantification des flavonoïdes a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage réalisée par un flavonoïde standard ; la Rutine. Trois lectures ont été faites par échantillon et les expressions des résultats ont été obtenues à partir de l'équivalence du standard (Rutine) par gramme de matière fraîche (mg ER/g).

2.4.6. Dosage des caroténoïdes

Les caroténoïdes contiennent dans leurs structures plusieurs doubles liaisons conjuguées qui sont responsables de l'absorption de la lumière par excitation des électrons des liaisons π (Rodriguez-Amaya, 2001). Les teneurs en caroténoïdes sont déterminées selon Sass-Kiss et *al.*, (2005).

1g de broyat de fraise et la betterave introduite dans 10 ml de mélange hexane-acétone-éthanol (2 :1 :1), agiter pendant 1 heure puis passer dans centrifugeuse à 3000rpm pendant 20 min l'absorbance a été lue à 450 nm contre un blanc (eau distillée) à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (Jenway 6715). Les teneurs en caroténoïdes sont déterminées à partir d'une équation de régression linéaire déduite à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec la β -carotène selon les concentrations sont exprimés en mg équivalent de β -carotène (E β C) /100g de matière fraîche.

2.4.7. Activité antioxydante

L'activité anti-radicalaire des composés phénoliques contenus dans les extraits préparés a été évaluée en mesurant leurs capacités de piéger le radical libre DPPH (2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyl). Sa couleur violette foncée se transforme en jaune lors de sa réduction (capté par les produits testés) (Zeghad, 2009).

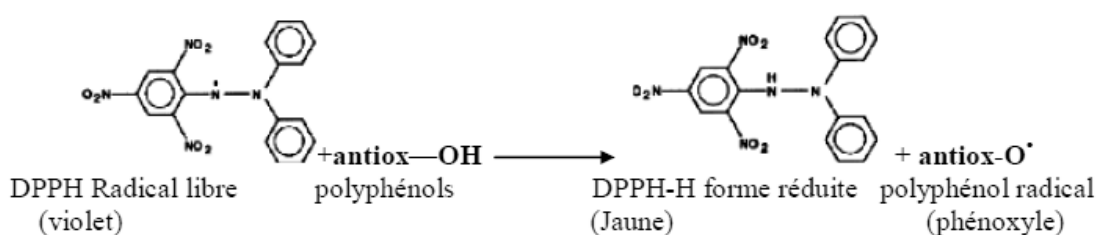


Figure 10 : Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH.

L'effet de chaque extrait sur le DPPH a été mesuré par la procédure décrite par Zuraini *et al.* (2008).

Une prise de 5ml d'une solution méthanolique de DPPH (0.004%) a été ajoutée à 50µl d'extrait à une concentration de 10mg/ml (choisie après des essais préliminaires). Après une période d'incubation de 30 minutes à la température de laboratoire, l'absorbance a été lue à 517nm. L'acide ascorbique à des concentrations : 0-1mg/ml a servi pour tracer la courbe d'étalonnage.

Le pourcentage de piégeage du radical DPPH est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{Inhibition} = [(A \text{ blanc} - A \text{ échantillon}) / A \text{ blanc}] \times 100$$

Où :

A blanc : Absorbance du blanc (absorbance de la solution en absence de molécules testées).

A échantillon : Absorbance de la solution en présence de molécules testées.

- **Détermination des IC₅₀**

La valeur IC₅₀ ou concentration d'inhibition 50 est la concentration du substrat qui assure la réduction de 50% de l'activité du DPPH déterminée graphiquement (Samarth *et al.*, 2008).

2.4.8. Préparation des solutions pour le traitement de la viande

Les solutions ont été préparées à partir des lyophilisats de la fraise et de la betterave

- **Solution A** : 50 mg de lyophilisat a été dilué dans 100 ml de l'eau distillée (solution mère).
- **Solution B** : 3 ml de la solution mère dans 7 ml de l'eau distillée (solution fille 1).
- **Solution C** : 1 ml de la solution mère dans 9 ml de l'eau distillée (solution fille 2).

3. Analyses physico-chimiques et traitement de la viande

3.1. Échantillonnage

3 échantillons de la viande ovine (épaule) (500g pour chaque échantillon) ont été achetés dans des différents jours au niveau du marché couvert de la wilaya de Mostaganem.

3.2. Conservation et transport

Les échantillons ont été transportés dans les mêmes conditions que le consommateur transportait sa viande jusqu'au laboratoire, lors de notre arrivée au laboratoire la viande a été mise directement dans le réfrigérateur à une température de 4°C.

3.3. Laboratoire d'analyse

Les analyses ont été effectuées au niveau de deux laboratoires : laboratoire pédagogique Chimie 1 et laboratoire de recherche « Protection des cultures » (Université Abdelhamid Ben Badis ITA Mostaganem) dans le but de déterminer la teneur en matière sèche, en matière minérale et organique, extraction des lipides totaux et dosage des protéines brutes.

3.4. Préparation des aliquotes

La viande a été hachée à l'aide d'un hachoir après avoir éliminé les gras qui se trouvent en surface des morceaux de viande, ensuite la viande hachée obtenue a été divisée en deux parties, l'une a été consacrée pour les analyses physico-chimiques plus le traitement de 2h et l'autre pour le traitement d'une semaine de congélation.

3.5. Application de traitement sur la viande

- **Viande de 2H**

2g de viande hachée a été ajouté 2 ml de chaque solution préparer auparavant (solution de fraise et betterave) conserver au froid et l'obscurité, ensuit après 2h on a procédé à la détermination de l'indice TBARS.

- **Viande de congélation**

2g de viande hachée a été ajouté 2 ml de chaque solution préparer auparavant (solution de fraise et betterave) ensuit ont êtes mis au congélateur pendant une semaine à une température de -18 après une semaine on a procédé à la détermination de l'indice TBARS.

3.6. Techniques analytiques**3.6.1. Détermination du pH (AFNOR NF ISO 10-390)****Mode opératoire**

Le pH des échantillons de viande est déterminé selon la norme AFNOR NF ISO 10-390. Une masse de 20 g de matière sèche est mise dans 100 ML d'eau distillée. La suspension est homogénéisée à l'aide d'un homogénéisateur « Ultra thurax » pendant 15 min .la mesure de pH se fait directement par lecture sur un pH-mètre. La lecture des résultats se fait directement sur le pH-mètre.

3.6.2. Détermination de la teneur en matière sèche (AFNOR ; 1985)

La teneur en matière sèche de l'échantillon est déterminée en séchant 5g de produits à l'étuve réglée à une température dc 105°C.

Méthode :

La première étape consiste à peser la matière brute. Pour ce faire, on pèse 5g de chaque échantillon à l'aide d'une balance dc précision. L'aliquote est mise dans un creuset en porcelaine. Il faut noter que le creuset doit être pesé préalablement.

La deuxième étoupe fera l'objet de déshydratation dc l'aliquote à l'étuve (105°C pendant 16h).

Après 16 heures, les creuses seront refroidies dans le dessiccateur pendant 45 minutes, la matière sèche restante est alors pesée par différence avec la masse initiale, la quantité d'eau évaporée est ainsi déduite.

En ce qui concerne le calcul :

Après séchage :

La teneur en matière sèche (MS) en gramme de l'échantillon est calculée par l'expression suivante :

$$\text{MS (g)} = (\text{Poids du creuset} + \text{l'aliquote après séchage}) - \text{poids du creuset vide}$$

Calcul de la matière sèche en % :

$$\text{MS (\%)} = (\text{MS(g)} / \text{masse échantillon (g)}) \times 100$$

La teneur en eau de l'échantillon est calculée par l'expression suivante

$$\text{Teneur en eau (\%)} = 100 - \text{MS (\%)}$$

3.6.3. Détermination de la teneur en matière minérale (AFNOR ; 1985)

La teneur en cendres de l'aliment est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique par l'incinération à 550°C dans un four à moufle pendant 2 heures.

La teneur en matières minérales de l'échantillon est calculée par la relation suivante :

$$\text{MM (g)} = (\text{Poids du creuset contenant les cendres} - \text{poids du creuset vide})$$

Calcul de la matière minérale en % :

$$\text{MM (\%)} = (\text{MM (g)} / M_1 - M_2) \times 100$$

Avec :

M_1 : Masse totale du creuset contenant la prise d'essai (en gramme).

M_2 : Masse totale du creuset et les minéraux bruts (en gramme).

Détermination de la matière organique

$$\text{MO (\%)} = \text{MS (\%)} - \text{MM (\%)}$$

3.6.4. Détermination de l'indice TBARS (Genot ; 1996)

Principe :

Les produits secondaires de l'oxydation des lipides les plus couramment dosés sont les aldéhydes. L'acide thiobarbiturique (TBA) réagit avec le malonaldéhyde (MDA) pour former un complexe de couleur rose et/ou jaune possédant un maximum d'absorption à une longueur d'onde de 532 nm. Il réagit également avec d'autres aldéhydes résultants de l'oxydation des AGPI (l'acide gras polyinsaturé) à longue chaîne. La concentration des substances réactives au TBA (sr-TBA), exprimée en équivalent MDA est évaluée par la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre visible des sr-TBA extraite des échantillons par l'acide trichloracétique (TCA).

Mode opératoire :

Un échantillon de viande de 2g est placé dans un tube de 25ml contenant 16ml d'acide trichloracétique (TCA) à 5% (p/v) et éventuellement 100µl d'acide ascorbique (Vitamine C). Le mélange est homogénéisé 3 fois pendant 15 secondes à l'aide d'un homogénéisateur (*Ultra-Turrax*) à une vitesse d'environ 20000rpm le broyat est passé à travers un papier filtre afin d'obtenir un filtrat. Puis de ce filtrat 2 ml sont additionnés à 2ml d'acide thiobarbiturique (TBA).

Les tubes fermés sont plongés dans un bain-marie à 70°C pendant 30 minutes et placés dans un bain d'eau froide. La dernière étape consiste à lire à l'aide d'un spectrophotomètre l'absorbance du mélange réactionnel à 532nm et les résultats sont exprimés en mg équivalent MDA (malonaldéhyde)/kg. La coloration reste stable pendant 1 heure.

Expression des résultats :

Les résultats dégagés au cours de ces expériences sont obtenus par la formule suivante :

$$\text{mg équivalent MDA/ kg} = (0,72 / 1,56) \times (\text{A532 cor} \times \text{V solvant} \times \text{Vf}) / \text{PE}$$

Avec : A532 cor : l'absorbance.

V solvant : volume de solution de dilution TCA en ml.

PE : prise d'essai en gramme.

Vf : volume du filtrat prélevé.

0,72 / 1,56 : correspond à la prise en compte du coefficient d'extinction moléculaire du complexe **TBA-MDA** à la valeur de : $1,56 \cdot 10^{-5} \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ (Buedge et coll., 1978) et au poids moléculaire du MDA d'une valeur de $72 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

3.6.5. Dosage des lipides totaux (SOXHLET)**Principe**

L'extraction par Soxhlet est une méthode simple et convenable permettant de répéter infiniment le cycle d'extraction avec du solvant frais jusqu'à l'épuisement complet du soluté dans la matière première. Le schéma d'un appareil Soxhlet. Il est composé d'un corps en verre, dans lequel est placée une cartouche en papier-filtre épais (une matière pénétrable pour le solvant), d'un tube siphon et d'un tube de distillation. Dans le montage, l'extracteur est placé sur un ballon contenant le solvant d'extraction. Le ballon est chauffé afin de pouvoir faire bouillir son contenu. La cartouche contenant le solide à extraire est insérée dans l'extracteur, au-dessus duquel est placé un réfrigérant servant à liquéfier les vapeurs du solvant.

L'extraction continue jusqu'à l'épuisement de la matière solide chargée dans la cartouche. La séparation du solvant de l'extrait est fait et l'aide de l'appareil appelé Rotavapor. Dans cet appareil on réalise une évaporation sous vide en utilisant une pompe à vide avec une vanne de contrôle. Pendant l'évaporation le ballon est mis en rotation et plongé dans un bain liquide chauffé. L'appareil est muni d'un réfrigérant avec un ballon collecteur de condensat. La rotation du ballon crée une surface d'échange plus grande et renouvelée permettant donc d'effectuer une évaporation rapide.

Ou bien par d'autres méthodes, qui se font par la récupération du solvant (éther de pétrole) et l'étuvage des ballons.

Mode opératoire

Placement d'un échantillon de 3g de viande hachée dans une cartouche après avoir pesé les ballons, puis mettre 250 ml d'éther de pétrole dans chaque ballon avec la vésication d'installation d'eau et ensuite lancer l'opération, le temps d'extraction est environ de 3h.

A la fin de l'extraction, on enlève les cartouches et nous avons récupéré le solvant brut, puis nous avons pesé à nouveau les ballons, et calculé le pourcentage de la matière grasse extraite selon la formule suivante :

$$\text{Lipides totaux (\%)} = \frac{P_1 - P_0}{3} \times 100.$$

P_1 : ballon + extrait

3.5.4. Dosage des protéines brutes (Méthode de Lowry ; 1951)

- **Principe**

Les protéines réagissent avec le réactif Folin-Ciocalteu pour donner des complexes colorés. La couleur ainsi formée est due à la réaction du phosphomolybdate par la tyrosine et tryptophane.

L'intensité de la coloration dépend donc de la quantité d'acides aminés aromatiques présents et varie selon les protéines. Les densités optiques sont mesurées à 600nm avec le spectrophotomètre contre un blanc qui contient tous les réactifs à l'exception des protéines.

- **Mode opératoire**

- 1) **Gamme étalon**

La gamme étalon a été faite avec la solution albumine bovine préparée à 25 mg par 100 ml d'eau distillée. On utilise la même solution que pour doser les échantillons.

- 2) **Réactif de Lowry (A+B)**

Solution (A)

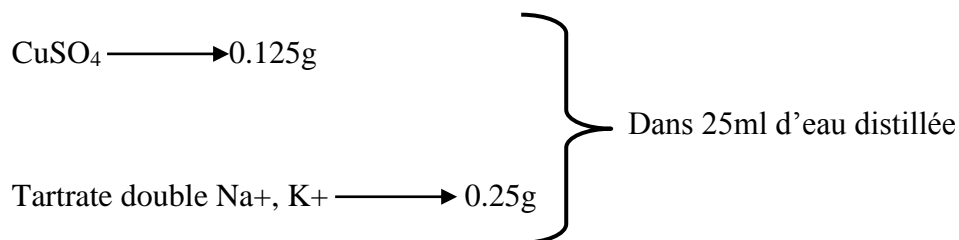
NaOH → 1g

Na₂CO₃ → 5g

} Dans 250 ml d'eau distillée

Solution A est constituée d'1g de la soude (NaOH) mélangé à 5 g de carbonate de sodium (Na_2CO_3) dans 250 ml d'eau distillée.

Solution (B)



Solution B est un mélange de 0.125g sulfate de cuivre (CuSO_4) et de 0.25g de tartrate double Sodium Potassium dans 25ml de l'eau distillée.

Le réactif de Lowry est composé de

Solution C (50ml de solution A + ml de solution B) à mélanger au moment de la manipulation.

Tableau 03 : Concentration des solutions de Lowry.

Tube N°	Solution albumine bovine	Eau physiologique	Solution de dosage	Réactif de Folin
1	0	1	5ml	0,5ml
2	0,2	0,8	5ml	0,5ml
3	0,4	0,6	5ml	0,5ml
4	0,6	0,4	5ml	0,5ml
5	0,8	0,2	5ml	0,5ml
6	1	0	5ml	0,5ml

Expression des résultats

Déterminer la concentration de l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage et de la densité optique (DO) mesurée par la formule (a) :

$$Y = a \times X \quad (\text{Formule a})$$

Avec :

Y : Densité optique

X : Concentration de l'échantillon

a : Constante

Calculer la teneur en protéines exprimées en pourcentage par la formule (b) :

$$C = \frac{X \times 25 \times 100}{\text{poids de l'échantillon}} \quad (\text{Formule b})$$

Avec :

C : Concentration en protéines

X : Concentration de l'échantillon en abscisse

3.5.5. Analyses statistiques

Les résultats ont été traités par analyse de variance tri-factorielle suivie d'une comparaison de moyenne par le biais d'un logiciel (stat box 6.04) selon le test de Newman et Keuls.

- Résultats et Discussion

1. Caractérisation de la fraise et de la betterave rouge

1.1. Teneur en eau

Les résultats obtenus sont représentés dans le Tableau 04 et la Figure 11.

Tableau 04 : Teneur en eau de la fraise et la betterave rouge.

	Fraise	Betterave
Teneur en eau g/100g	92,49±0,65 ^a	86,95±0,60 ^b

(n=3±l'écartype), (a et b sont des groupes homogènes indiquant une différence significative à p<0.05).

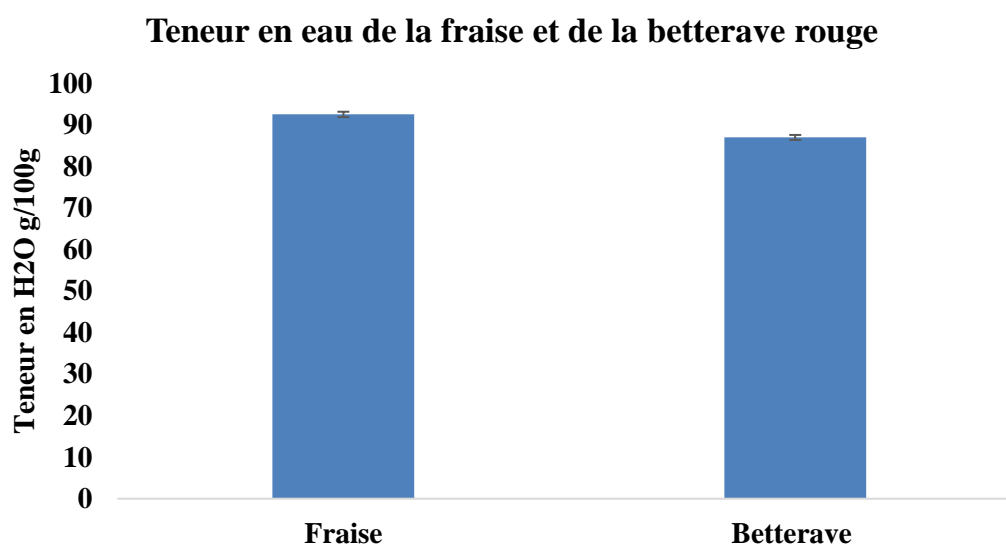


Figure 11 : Teneur en eau de la fraise et la betterave rouge.

La teneur en eau est légèrement supérieure dans les fraises 92.49% par rapport à la betterave 86.95%, soit un rapport de différence de 6%. Nos résultats sont proches de celle de (CIQUAL, 2017) (90.1% et 87.1%) respectivement.

1.2. Rendement d'extraction des composés phénoliques

Après extraction et récupération des extraits sous forme de lyophilisat, le rendement, la couleur, l'odeur et l'aspect physique de chacun des extraits ont été déterminés et représentés dans le Tableau 05 et la Figure 12.

Tableau 05 : Tableau récapitulatif regroupant le rendement, la couleur, l'odeur et l'aspect physique de la fraise et la betterave rouge.

	Aspect physique	Couleur	Odeur	Rendement %
Fraise	Pâte	Rouge	Aromatisé	4,24
Betterave	Cristalline	Violet	Sans odeur	5,79

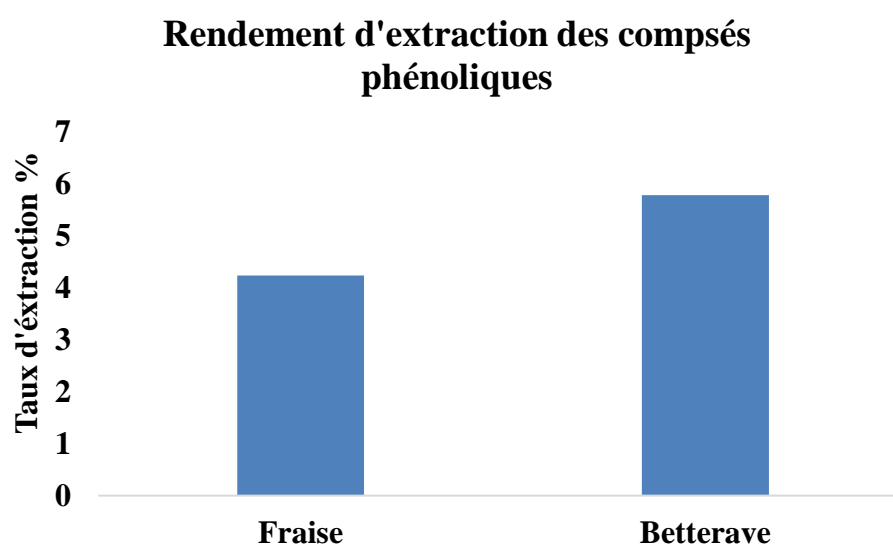


Figure 12 : Rendement d'extraction des composés phénoliques de la fraise et la betterave rouge.

Le rendement désigne la masse de l'extrait lyophilisé, il est exprimé en pourcentage par rapport à 100 grammes de matière sèche. D'après les résultats récapitulés dans le Tableau 05, des rendements en extraits obtenus de la fraise et la betterave. On constate que la betterave est plus rentable que la fraise avec une valeur de l'ordre de 5,79%. Pour la première et 4,24% pour la deuxième. L'extraction avec le méthanol est plus fructueuse pour la betterave que pour la fraise.

1.3. Composition en phénols totaux, flavonoïdes totaux et caroténoïdes

Les résultats obtenus sont représentés dans le Tableau 06 et les Figures 13.

Tableau 06 : Dosages des différents composés phénoliques de la fraise et la betterave rouge.

	Fraise	Betterave
Phénols totaux mg/100g	87,1±1,75 ^a	63,9±7,24 ^b
Flavonoïdes totaux mg/100g	24,93±1,88 ^b	58,23±3,48 ^a
Caroténoïdes mg/100g	0,0022±0,0005 ^a	0,0004±0,0001 ^b

(n=3±l'écartype), (a et b sont des groupes homogènes indiquant une différence significative à p<0.05).

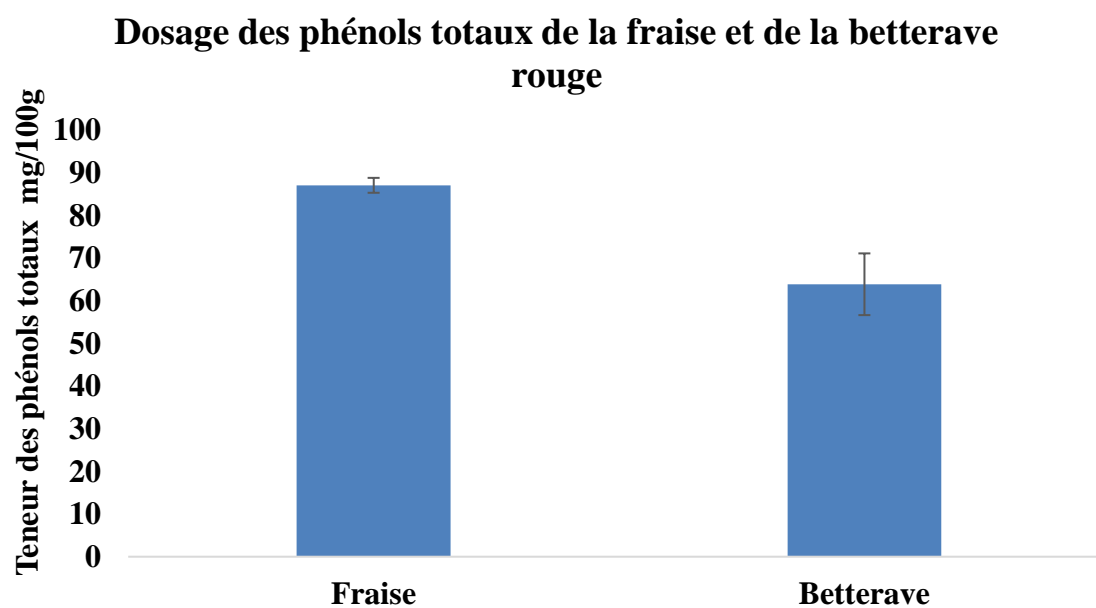


Figure 13 : Composition en phénols totaux de la fraise et la betterave rouge.

Les analyses quantitatives des données ont été déterminées à partir de l'équation de la régression linéaire ($y = 0,0118x$) et le coefficient de corrélation ($R^2 = 99,68\%$) de la courbe d'étalonnage exprimée en mg équivalent acide gallique par gramme de matière fraîche (mg EAG/g).

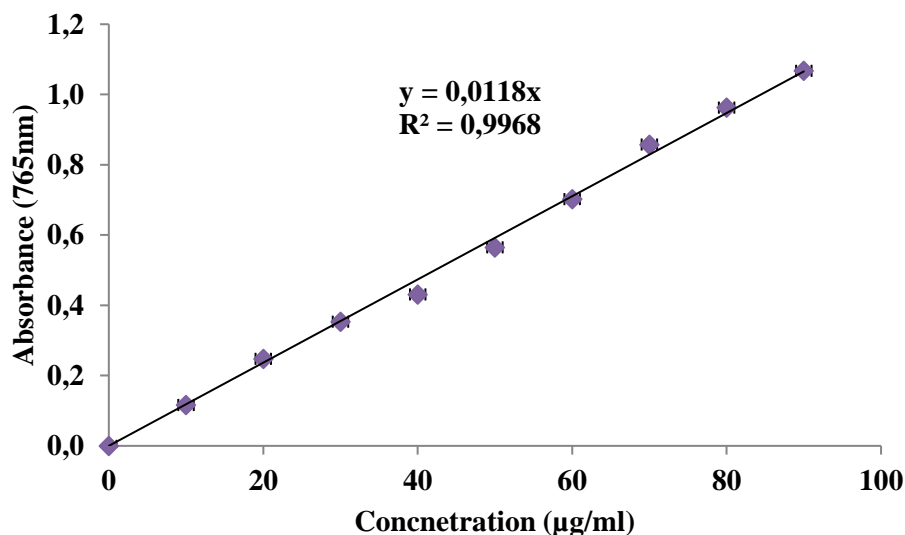


Figure 14 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

La fraise et la betterave montrent une différence significative ($p < 0,05$) dans la teneur en phénols totaux (Figure 13). Les résultats du dosage révèlent la richesse de l'extrait de la fraise en composés phénoliques totaux par rapport à l'extrait de la betterave (87,1mg EAG/g vs 63,9mg EAG/g). Soit un rapport de différence des teneurs en phénoliques totaux estimés à 26,36%.

Nos résultats sont proche à celle donnés par (Nathalie thurre, 2007), la teneur en composés phénoliques totaux dans la fraise variait entre (12.96mg/g et 94.19mg/g) selon la partie et la variété de la fraise, et celle de la betterave est moins importante à la teneur donnée par (Barbera et *al.*, 1995), 220mg/100g.

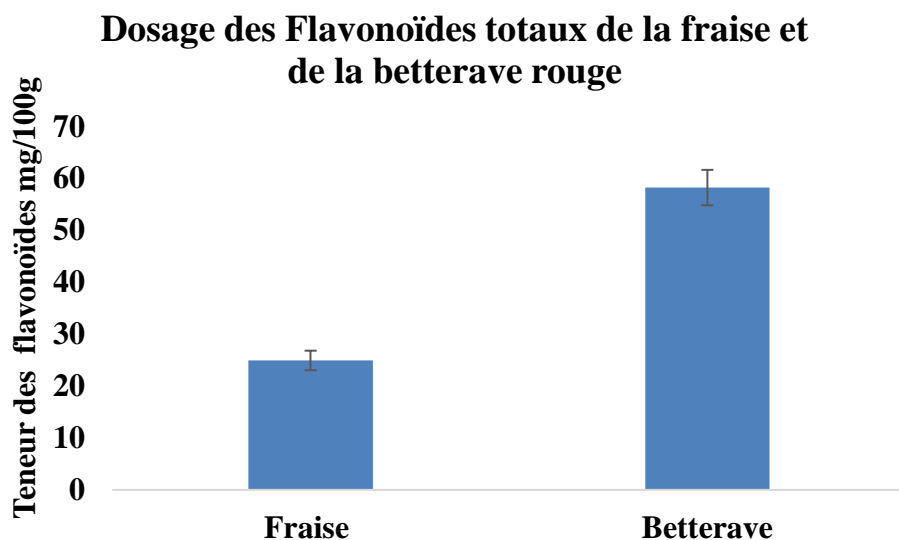


Figure 15 : Composition en flavonoïdes totaux de la fraise et la betterave rouge.

Les analyses quantitatives ont été déterminées à partir des équations de la régression linéaire ($y = 0,015x$) et un coefficient de corrélation ($R^2 = 99,85\%$) de la courbe d'étalonnage exprimées en mg équivalent Rutine par gramme de matière fraîche (mg ER/g).

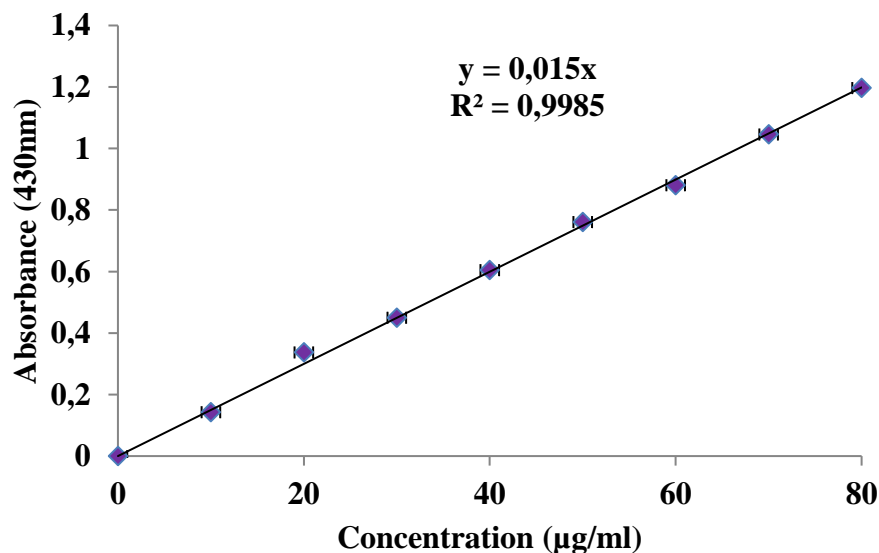


Figure 16 : Courbe d'étalonnage de la rutine.

La fraise et la betterave montrent une différence significative ($p < 0,05$) dans la teneur en flavonoïdes totaux, ils sont plus abondants dans la betterave que dans la fraise avec un taux de 58,93mg ER/g, 24,23mg ER/g respectivement. Soit un rapport de différence des teneurs en flavonoïdes totaux estimés à 58,88%. La teneur en flavonoïdes de la fraise est supérieure à celle donnée par (Haddadi, 2005) 17,53mg/100g. ainsi que celle de la betterave est largement supérieure à la teneur donnée par (CIQUAL, 2017).

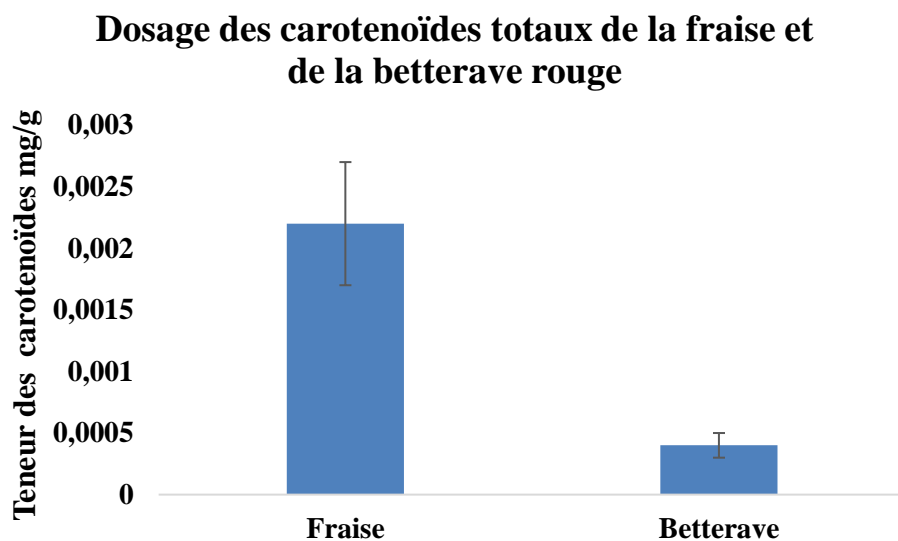


Figure 17 : Caroténoïdes totaux de la fraise et la betterave rouge.

Les analyses quantitatives ont été déterminées à partir des équations de la régression linéaire ($y = 0,2348x$) et un coefficient de corrélation ($R^2 = 99,99\%$) de la courbe d'étalonnage exprimées en mg équivalent de β -carotène par gramme de matière fraîche (mg E β C/g).

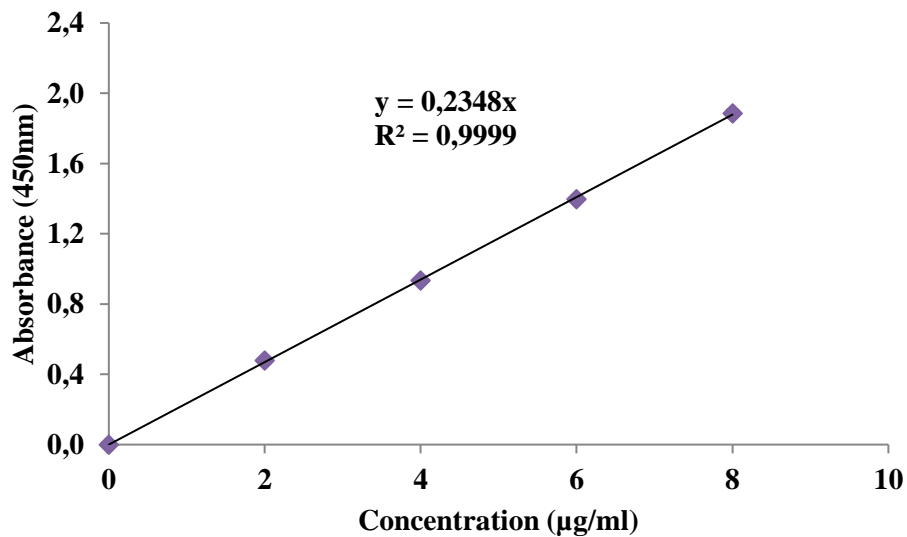


Figure 18 : Courbe d'étalonnage de la β -carotène.

Les teneurs en caroténoïdes de la fraise et la betterave montrent une différence significative ($p < 0,05$) (Figure 18). Les résultats obtenus montrent que la fraise est plus riche en caroténoïdes que la Betterave avec des concentrations de 0,0022mg E β C/g et 0,0004mg E β C/g respectivement. Soit un rapport de différence des teneurs en phénoliques totaux est estimé à 81,81%. Nos résultats sont inférieure de celle de (Journal de pédiatrie et de pukrlculture, 2002).

1.4. Activité antioxydante

L'activité antioxydant des deux extraits a été évaluée par la méthode de piégeage du radical libre DPPH, dans le but de déterminer la concentration de l'antioxydant permettant d'inhiber la moitié du radical. Cette méthode s'accompagne par le passage du radical DPPH de la couleur violette à la couleur jaune mesurable à 517nm (Prakash et *al.*, 2007).

Comme il n'existe pas de mesure absolue de la capacité antioxydante d'un composé, les résultats sont souvent portés par rapport à un antioxydant de référence, comme l'acide ascorbique (vitamine C) (Alyafi, 2007).

Une droite d'étalonnage a été établie en tenant compte des différentes solutions d'acide ascorbique (Vit. C) préparées et leurs densités optiques correspondantes, avec $R^2 = 99,23 \%$ (Figure 19). Les taux d'inhibition ont été calculés pour chacune des concentrations, en se basant sur les densités optiques obtenues à partir des préparations (les différents extraits et Vit. C).

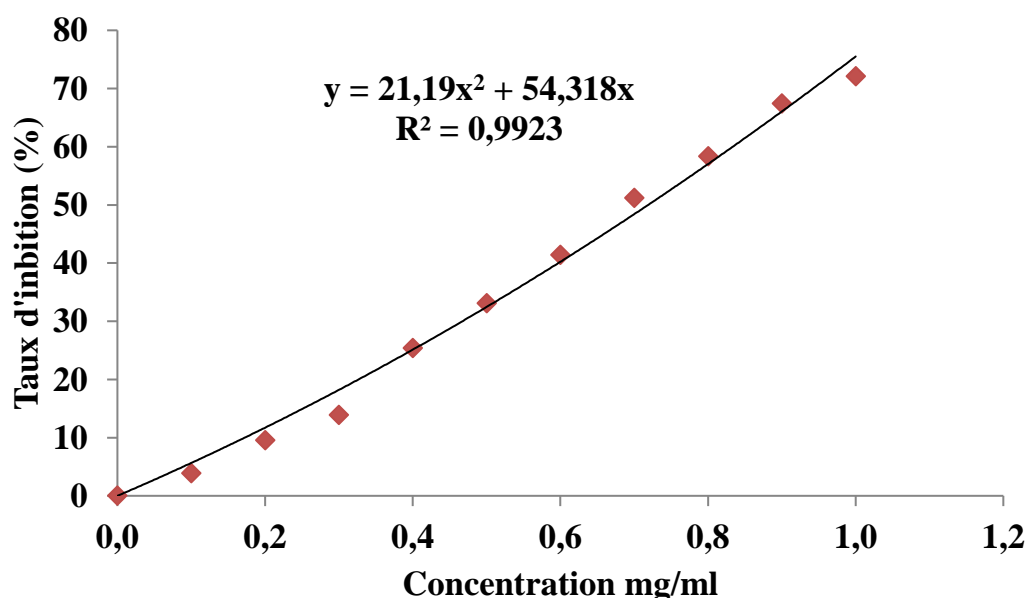


Figure 19 : Courbe étalonnage de l'activité antioxydant de l'acide ascorbique.

Tableau 07 : IC₅₀ et inhibitions maximales des extraits déterminé par la méthode de DPPH.

Echantillon	I.max (mg/ml)	IC ₅₀ (mg/ml)
Fraise	49,20mg/ml (61,40)	27,6
Betterave	49.43mg/ml (59,39)	28,85
Acide ascorbique	1mg/ml (75,5)	0,72

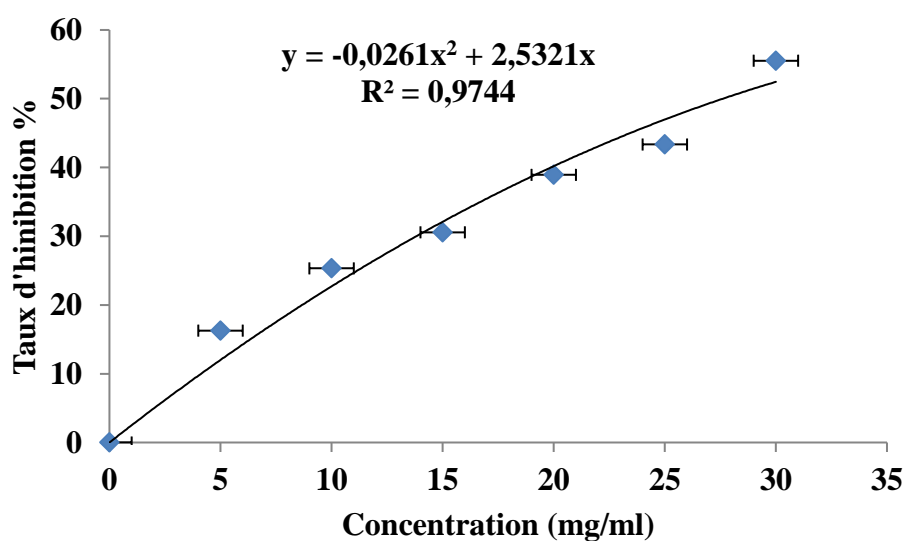


Figure 20 : Evolution des taux d'inhibition de DPPH par extrait de la fraise.

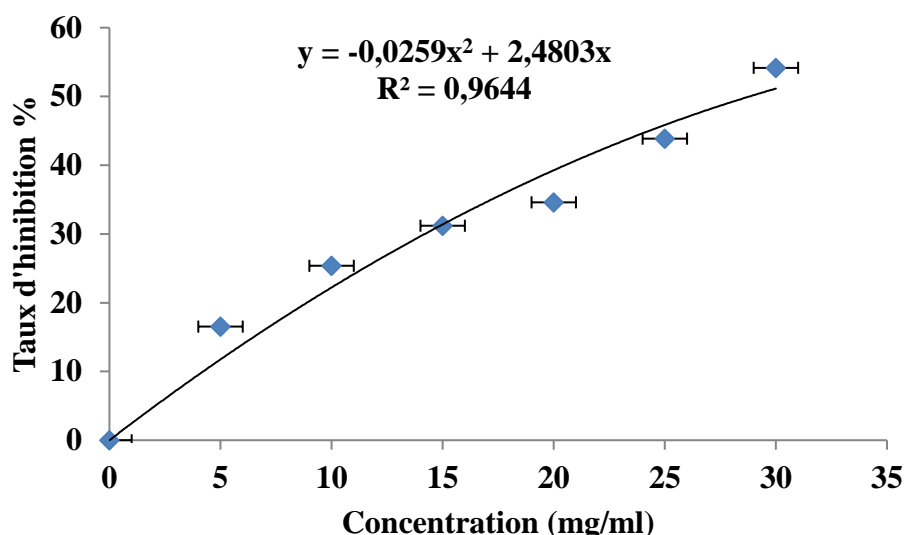


Figure 21 : Evolution des taux d'inhibition de DPPH par extrait de la betterave.

Les courbes de régression (Figures 20 et 21) montrent que le pourcentage d'inhibition du radical DPPH augmente avec l'augmentation de la concentration des extraits de la fraise et la betterave.

L'activité antioxydante des extraits a été évaluée par le calcul de la valeur IC_{50} , qui indique la concentration nécessaire de l'extrait qui inhibe 50% du radical libre DPPH.

Les résultats relatifs à ce test sont consignés dans le Tableau 07. Parmi les l'extraits, la fraise représente la meilleure activité inhibitrice du radicale DPPH. C'est ainsi que le maximal d'inhibition se chiffrent, respectivement, à 61,38% et 59,39% pour les doses 49,20mg/ml, 49,43mg/ml. Ce constat se confirme également par les valeurs des IC_{50} déterminées. Elle est plus antioxydante par rapport à la betterave.

Contrairement aux extraits étudiés, l'acide ascorbique se montre plus actif vis-à-vis du radical DPPH avec une IC_{50} de l'ordre de 0,72mg/ml. Le taux d'inhibition maximum de 75,5% a été atteint lorsque l'acide ascorbique a été additionné à raison de 1mg/ml.

Selon marchioni et *al.*, (2013), l'activité antioxydante de l'extrait issu de la fraise variait entre 32mg/ml et 39mg/ml ces valeurs sont supérieures à celle obtenue dans cette étude.

Alors, il était important d'établir une relation qui existe entre la présence des composés phénoliques et l'activité antioxydante. En effet, les résultats de cette régression indiquent une relation positive entre les composés phénoliques et les activités antioxydantes des différents extraits de la fraise et la betterave. Il est à noter que la meilleure activité antioxydante présentée par la fraise peut être justifiée par les teneurs importantes en composés phénoliques totaux et des flavonoïdes totaux.

Selon Bhat *et al.*, (2012) ; Naczek and Shahidi (2006), la récupération des polyphénols et d'autres composés antioxydants de la matière végétale dépend, considérablement, de la solubilité de ces composés dans un solvant donné, de la polarité des solvants et de la viscosité. Ainsi, les solvants tels que le méthanol ou l'acétone peuvent atteindre facilement les endroits intracellulaires, afin de lixivier au maximum les constituants actifs. Parmi les différents facteurs qui ont contribué aux divers résultats obtenus réside donc dans la nature chimique des composés, les solvants d'extraction utilisés, et la méthode d'analyse utilisée.

2. Caractérisation de la viande hachée ovine (épaule)

2.1. Analyses physico-chimiques et biochimique de la viande hachée ovine (épaule)

Les résultats obtenus sont dans le Tableau 08 et la Figure 22

Tableau 08 : Résultats des analyses physico-chimiques et biochimique de la viande hachée ovine (épaule).

pH	5,8±0,02
Matière sèche g/100g	24,58±0,28
Teneur en eau g/100g	75,41±0,28
Matière minérale g/100g	12,17±0,69
Matière organique g/100g	12,08±0,03
Lipides totaux g/100g	4,32±1,21
Proteines brutes g/100g	16,46±0,02

Résultats des analyses physico-chimiques et biochimiques de la viande hachée ovine (épaule)

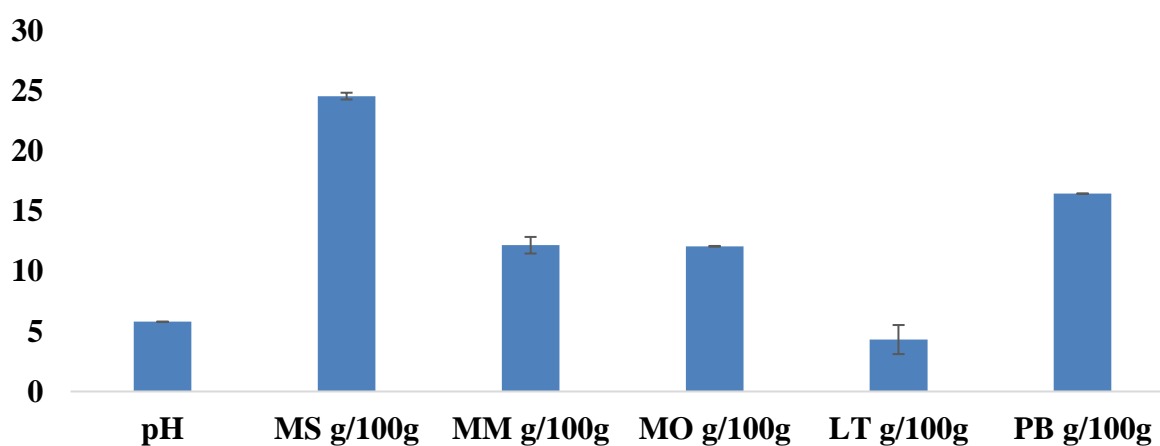


Figure 22 : Résultats des analyses physico-chimiques et biochimique de la viande hachée ovine (épaule).

D'après nos résultats nous avons noté que la viande ovine hachée a une valeur de pH estimée à 5,8, ce qui est conforme aux normes entre 5,5 et 6,5, une teneur en matière sèche, en matière minérale et en matière organique estimés à (24,58g/100g, 12,17g/100g et 12,08 g/100g) respectivement. Ainsi que les valeurs des lipides totaux et protéines brutes sont estimés à (4,32g/100g, 16,46g/100g) respectivement.

2.1. Estimation du degré d'oxydation des lipides de la viande hachée (épaules)

Les résultats obtenus sont illustrés dans le Tableau 09 et la Figure 23

Tableau 09 : Teneurs en MDA des viandes ovines hachées (épaule).

Témoin			Fraise						Betterave					
0H	2H	Congélatio n	2H			Congélation			2H			Congélation		
			Solutio n A	Solutio n B	Solutio n C	Solution A	Solution B	Solution C	Solutio n A	Solutio n B	Solutio n C	Solutio n A	Solution B	Solutio n C
0,97 ± 0,41 ^c	1,42 ± 0,19 ^{bc}	3,04 ± 0,19 ^a	0,58 ± 0,10 ^c	0,92 ± 0,11 ^c	0,60 ± 0,11 ^c	0,74 ± 0,032 ^c	1,54 ± 0,27 ^{bc}	1,59 ± 0,11 ^{bc}	0,59 ± 0,25 ^c	0,49 ± 0,07 ^c	1,28 ± 1,18 ^{bc}	2,07 ± 0,40 ^b	0,96 ± 0,09 ^c	1,63 ± 0,03 ^{bc}

(n=3±l'écartype), (a,b et c sont des groupes homogènes indiquant une différence significative à p<0.05).

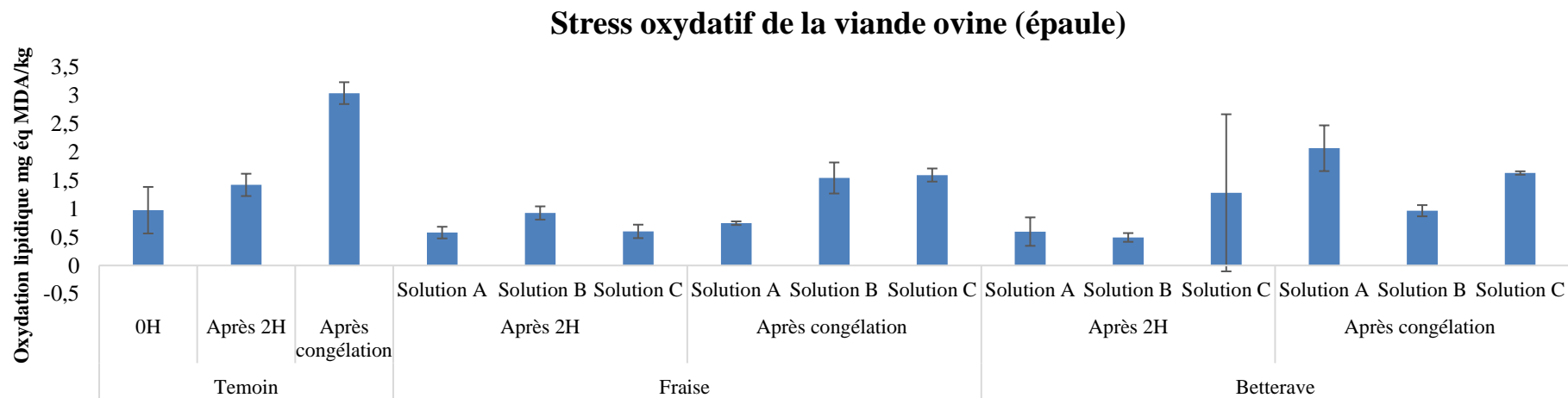


Figure 23 : Indice TBA dans la viande hachée ovine (épaule).

D'après nos résultats, nous avons remarqué une importante augmentation des valeurs en Manoldialdéhydes suite à une conservation courte, les teneurs en MDA des échantillons témoins à T=0 sont estimés à 0,97mg contre 1,42mg après deux heures de conservation et 3,04mg après une semaine de congélation. Nos résultats révèlent des différences significatives ($p < 0.05$) entre les valeurs. Le rapport de différence des teneurs en MDA (T0 et après une semaine de congélation) est estimé à 68.09%.

L'analyse statistique des résultats révèle des différences significatives ($p < 0.05$) entre les échantillons de viandes traitées aux différents pourcentages d'extraits de la fraise et conservés pendant 2 heures (A 0,58mg, B 0,97mg et C 0,60 mg) respectivement. Il est important de signaler que les teneurs en MDA sont fonction des concentrations d'extrait et que le rapport de différence est estimé à 40,20% entre la solution A et B.

Nous avons observé une augmentation dans les valeurs du MDA des échantillons de la fraise traitées après une semaine de congélation avec les solutions (A 0,74mg, B 1,54mg, et C 1,59mg) respectivement. On constate des différences significatives ($p < 0.05$) entre les valeurs. Soit un rapport de différence des teneurs en MDA estimé à 53,45%.

D'après nos résultats, nous avons constaté, les viandes traitées aux extraits de fraise et conservé pendant deux heures présentent des teneurs en MDA moins importantes par rapport aux teneurs de MDA des viandes traitées aux extraits de fraise après une semaine de congélation (0,70mg, vs.1.29mg) respectivement avec un rapport de différence estimé à (40,20% vs 53.45%) respectivement

Selon nos résultats, les teneurs en MDA des viandes traitées aux différents pourcentages d'extraits de la fraise et conservés pendant 2 heures sont inférieures par rapport aux valeurs en MDA de l'échantillon témoin de deux heures de conservation (0,70mg, vs 1,42mg) respectivement. Nos résultats révèlent des différences significatives ($p < 0,05$).

L'expérience a démontré des différences significatives ($p < 0,05$) entre les viandes témoins et les viandes traitées aux extraits de fraise après une semaine de congélation, cependant la valeur de MDA en viande traités se montre au-dessous de celle de témoin (0,70 mg, vs 1,42mg) respectivement.

L'analyse statistique des résultats révèle des différences significatives ($p < 0,05$) entre les échantillons de viandes traitées aux différents pourcentages d'extraits de la betterave et conservés pendant 2 heures (A 0,59mg, B 0,49mg et C 1,28mg) respectivement. Il est important de signaler que les teneurs en MDA sont fonction des concentrations d'extrait et que le rapport de différence est estimé à 53,90% entre la solution A et B.

Les viandes traitées aux différents pourcentages des extraits de la betterave et conservées pendant une semaine révèlent des différences significatives ($p < 0,05$).

Les résultats des analyses du stress oxydatif illustrent des différences significatives ($p < 0,05$) entre les viandes traitées avec les extraits de betterave après deux heures de conservation sont inférieures par rapport aux mêmes valeurs des viandes traitées avec les extraits de betterave après une semaine de congélation (0,78mg, vs 1,55mg) respectivement. Soit un rapport de différence estimé à (53,90% vs 53,62%) respectivement.

Nos résultats montrent que les valeurs en MDA des viandes traitées avec les extraits de betterave de deux heures sont inférieures par rapport aux valeurs en MDA de l'échantillon témoin de deux heures de conservation (0,78mg, vs 1,42mg) respectivement. Nos résultats révèlent des différences significatives ($p < 0,05$).

Les valeurs en MDA des viandes traitées aux extraits de betterave conservés sous -18°C durant une semaine présentent une valeur inférieure par rapport aux viandes témoin conservés durant une semaine (1,55mg, vs 3,04mg) respectivement.

Après deux heures de conservation, les valeurs en MDA des viandes traitées avec les extraits de fraise sont inférieures à celle des viandes traitées avec les extraits de betterave (0,70mg vs 0,78mg) respectivement.

D'après nos résultats, nous avons constaté, qu'après une semaine de congélation les valeurs en MDA des viandes traitées avec l'extrait de fraise sont inférieures par rapport aux valeurs en MDA des viandes traitées avec les extraits de betterave (1,29 mg vs 1,55 mg) respectivement. Nos résultats révèlent des différences significatives ($p < 0,05$). Avec un rapport de différence des teneurs en MDA estimé à (36,95% vs 61,17%) respectivement.

La viande traitée aux extraits de fraise et de betterave montre une différence significative ($p < 0,05$) dans la teneur en MDA (0,82mg vs 1,17mg) respectivement. Avec un rapport de différence des teneurs en MDA estimé à 71,98%.

D'après Das et *al.*, (2016) les antioxydants naturels des fruits et légumes peuvent également contribuer à la stabilité de l'oxydation de la viande ovine. Et d'autres travaux similaires (Andrés et *al.*, 2017), ont montrés que l'ajout des extraits en poudre de certains fruits et légumes sur la viande ovine a un effet protecteur pendant 15 jours de réfrigération avec un taux d'inhibition de 40% par rapport au traitement témoin. Et Pourrait aussi influencer les caractéristiques de la viande ovine en fonction de leurs contenus phénoliques.

Dans cette partie on constate que l'inhibition de l'oxydation lipidique de la viande traitée aux extraits de la fraise et la betterave rouge, après une courte durée de conservation (2 heures) et une semaine de congélation, est due à leurs richesses en composés phénoliques.

Certainement les résultats obtenus ont démontré une relation positive entre l'activité antioxydante des extraits et l'inhibition de l'oxydation. En effet les viandes traitées aux extraits de la fraise révèlent une meilleure conservation par rapport à celles traitées aux extraits de la betterave et ça dû être à la teneur importante des composés phénoliques présente dans la fraise.

Cependant les variations remarquées entre les différentes doses utilisées peuvent être due à la mauvaise complexation entre les radicaux libres et les composé antioxydants.

Conclusion

Le travail réalisé sur les viandes ovines avait pour objectif de mettre en évidence l'effet conservateur des composés phénoliques extraits à partir de la fraise et la betterave rouge à différentes doses (50mg/100ml, 30%, 10%) lorsqu'ils sont additionnés à ces viandes à l'état frais et lors de leur congélation.

L'immersion de la viande ovine dans l'eau distillée additionnée aux extraits phénoliques de la fraise et la betterave rouge conduit à l'augmentation de sa durée de conservation vis-à-vis les résultats d'oxydation lipidique.

D'après nos résultats on conclut que :

La viande ovine est une excellente source de nutriment à savoir les lipides, protéines et minéraux, l'effet antioxydant des composés phénoliques a été affirmé dans les résultats (0,99 mg éq MDA/kg fraise, 1,17 mg éq MDA/kg betterave et témoin 1,81 mg éq MDA/kg).

La betterave avait un meilleur rendement en composé phénolique comparé à la fraise (5,79% pour la première et 5,79% pour la deuxième).

L'utilisation des polyphénols a permis d'abaisser les teneurs en MDA des viandes par exemple : de 1,42 mg éq MDA/kg (dans le témoin de deux heures) à 0,58 mg éq MDA/kg (dans la viande traitée avec l'extrait de fraise 50mg/100ml après deux heures)

Les résultats de cette étude ont révélé la possibilité de la conservation des viandes ovines par la combinaison de deux techniques l'une physique (la congélation) et l'autre chimique (les composés phénoliques), tout en préservant leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques.

Il convient d'approfondir ces résultats par des études complémentaires sur l'effet de ces composés sur les qualités sensorielles et organoleptiques de la viande, ainsi que sur la flore microbienne, et enfin tester l'efficacité de ces méthodes de conservation à l'échelle industrielle.

A

- **AFNOR (Association Française de Normalisation) (1985).** Aliments des animaux, méthodes d'analyses françaises et communautaires. 2ème édition, 200 p.
- **Aguiar, J., Estevinho, B. N., & Santos, L. (2016).** Microencapsulation of natural antioxidants for food application – The specific case of coffee antioxidants – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 58, 21–39
- **Albertí, G. Ripoll, C. Albertí, B. Panea (2017).** Etude de la couleur des différents types de viande bovine vendus en Espagne. a revue française de la recherche en viandes et produits carnés ISSN 2555-8560
- **Alyafi A .G (2007)** Determination of chemical composition of prangos and the possibility to use in the applied field, damascus University .54 Prakash D., Upadhyay G, Brahma N., and singh H B, (2007)
- **Amić D., Davidović-Amić D., Bešlo D., et Trinajstić N. (2003).** Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croat. Chem. Acta* 76 (1) : 59
- **Andrés, A. I., Petrón, M. J., Adámez, J. D., López, M., & Timón, M. L. (2017).** Food by-products as potential antioxidant and antimicrobial additives in chill stored raw lamb patties. *Meat Science*, 129, 62-70
- **Augustyniak, A., Bartosz, G., Čipak, A., Duburs, G., Horáková, L. U., Łuczaj, ... Žarković, N. (2010).** Natural and synthetic antioxidants: an updated overview. *Free Radical Research*, 44(10), 1216-1262.
- **Azeredo, M.H.C., (2009).** Betalains: properties, sources, applications, and stability e a review. *Int. J. Food Sci. Technol.* 44, 2365e2376.

B

- **Bagamboula CF, Uyttendaele M, Debevere J (2004).** Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and pcymene towards *Shigella sonnei* and *S. flexneri*. *Food Microbiol* 21: 33-42.
- **Bandyopadhyay M, Chakraborty R, Raychaudhuri U (2007).** A process for preparing a natural antioxidant enriched dairy product (Sandesh). *LWT*; 40(5) : 842-51.
- **Venkateswarlu, B , Shanker, A.K., Chromium (2011):** Environmental pollution, health effects and mode of action. *Encyclopedia Environ Health*, : 650-9.

- **Barouki R , (2006).** Stress oxydant et vieillissement. *Médecine sciences* ,22 , : p 266–272
- **Basu, A., Nguyen, A., Betts, N. M., & Lyons, T. J. (2014).** Strawberry as a functional food: An evidence-based review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54, 790–806.
- **Bauchart. D et Thomas. A., (2002).** Facteurs d'élevage et valeur de santé des acides gras des viandes. *Edition Quae* ; 10 : p131-142.
- **Belitz H-D; Grosch W.& Schieberel P .(2009).** *Meat Food Chemistry*, 12, 563-616.
- **Bhat R, Liong M-T , Abdorreza M.N , Karim A.A,(2012).** Evaluation of free radical scavenging activity and antioxidant potential of a few popular green leafy vegetables of Malaysia . *Int .J.Food Prop .(16)* : 1371-1379 .
- **Bruneton, J. (1999).** *Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinales. Edition Technique et documentation*, 233.
- **Buckley DJ, Morrissey PA, Gray JI(1995).** Influence of dietary vitamin- E on the oxidative stability and quality of pig meat. *J Anim Sci*;73(10):3122—30.
- **Byrne, D.V., Bredie, W.L.P., Bak, L.S., Bertelsen, G., Martens, H., & Martens, M. (2001).** Sensory and chemical analysis of cooked porcine meat patties in relation to warmed-over flavour and pre-slaughter stress. *Meat Science*, 59, 229-249.

C

- **Campo MM, Nute GR, Hughes SI, Enser M, Wood JD, Richardson RI (2006).** Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Sci*;72(2):303—11.
- **Carroll CD, Alvarado CZ (2008).** Comparison of air and immersion chilling on meat quality and shelf life of marinated broiler breast fillets. *Poultry Sci* 87: 368-372.
- **Cassens RG (1994).** *Meat Preservation, Preventing Losses and Assuring Safety*.1st Edn., Food and Nutrition Press, Inc. Trumbull, Connecticut, USA, pp: 79-92.
- **Cassens RG (1994).** *Meat Preservation, Preventing Losses and Assuring Safety*.1st Edn., Food and Nutrition Press, Inc. Trumbull, Connecticut, USA, pp: 79-92.

- **Cerezo, A. B., Cuevas, E., Winterhalter, P., Garcia-Parrilla, M., & Troncoso, A. (2010).** Isolation, identification, and antioxidant activity of anthocyanin compounds in Camarosa strawberry. *Food Chemistry*, 123, 574–582.
- **Cheyrier, V. (2005).** Polyphenols in foods are more complex than often thought 1–3. *Am. J. Clin. Nutr* 81, 223S-229S.
- **Chipley JR (2005).** Sodium benzoate and benzoic acid. In: *Antimicrobials in Food*, 3rd Edn, Davidson PM, Sofos JN and Branen AL (Eds.). CRC Press, FL. pp: 11-48.
- **Ciqual 2017**"Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Table de composition nutritionnelle des aliments. Consultée le JJ/MM/AAAA depuis le site internet Ciqual <https://ciqual.anses.fr/> "
- **Coibion L., (2008).** Acquisition des qualités organoleptiques de la viande bovine adaptation à la demande du consommateur. p 7-25.
- **Coibion, L., (2008) :** Acquisitaion des qualités organoleptiques de la viande bovine: Adaptation à la demande du consommateur. Université Paul-Sabatier de Toulouse - Ecole Nationale Vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 97p.
- **Costa, A. P. D., Hermes, V. S., Rios, A. O., & Flôres, S. H. (2017).** Minimally processed beetroot waste as an alternative source to obtain functional ingredients. *Journal of Food Science and Technology*, 8(66), 1-9.
- **Cruz-Atonio, F. V., Saucedo-Pompa, S., Martinez-Vázquez, G., Aguilera, A., Rodríguez, R., & Aguilar, C. N. (2010).** Propiedades químicas e industriales del ácido elálgico. *Ene.* 2, 1.

D

- **D'Archivio, M., Filesi, C., Di Benedetto, R., Gargiulo, R. Giovannini, C., Masella, R. (2007).** Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Ann. Ist. Super Sanità* 43(4), 348-361.
- **Dai, J., Mumper, R. J. (2010).** Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxydant and Anticancer Properties. *Molecules* 15(10), 7313-52.
- **Das, A. K., Rajkumar, V., Nanda, P. K., Chauhan, P., Pradhan, S. R., & Biswas, S. (2016).** Antioxidant efficacy of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp

- **Dave D, Ghaly AE (2011).** Meat spoilage mechanisms and preservation techniques: A critical review. *Am J Agricultural Biological Sci* 6: 486-510.
- **Delgado-Vargas, R., Jimenez, A. R., & Paredes- Lopez, O. (2000).** Natural pigments: Carotenoids, anthocyanins, and betalains — Characteristics, biosynthesis, processing and stability. *Reviews in Food Science and Nutrition*, 40, 173–289
- **DELL'ORTO V., SGOIFO ROSSI C.A. (2000)** Aspetti nutrizionali e gestionali per la produzione di carne bovina di qualità. *L'Informatore Agrario*, 14: 45-56.
- **Di Carlo, G.1., Mascolo, N., Izzo, A.A., Capasso, F. (1999).** Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Sci* 65(4), 337-53.
- **DJC (2009).** Food and Drug Act, Department of Justice Canada.
- **DONZO Artagnan., (2016).** Commercialisation des viandes (bovine, caprine, porcine) à Kikwit: analyse comparative de la rentabilité financière. Obtention d'un master en Agroéconomie. Université de Kikwit , 2 p
- **Duchene C., Gandemer G. (2016).** Qualité nutritionnelle des viandes : synthèse de travaux recents sur le boeuf, le veau, l'agneau et la viande chevaline. Journées nationales des groupements techniques vétérinaires 2016 – Nantes. P 1-12.
- **Durand D, Savary-Auzeloux I, Ortigues-Marty I, Thomas E, Scislowski V, Peyron A, et al (2006).** Effet de la conservation de la viande sur les processus de peroxydations lipidiques et protéiques. In: 11èmes Journées de Sciences du Muscle et Technologie de la Viande., p. 77—8.
- **Durand D, Scislowski V, Gruffat D, Chilliard Y, Bauchart D (2005).** Highfat rations and lipid peroxidation in ruminants; consequences on the health of animals and quality of their products. *Indicators Milk Beef Qual*;112:137—50

E

- **Evrat-Georgel C., (2008)** : Bibliographie critique des méthodes instrumentales et mesure de la tendreté de la viande bovine, Office d'élevage et Interbev.
- **Eymrad Sylvie (2003).** Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurus trachurus*) : choix des procédés. 1-126.

F

- **Falowo, A. B., Fayemi, P. O., & Muchenje, V. (2014).** Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 64, 171–181.
- **FAO (2017),** « Viande », dans *Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2016-2025*, Éditions OCDE, Paris.
- **Favier A,(1997);.** The oxidative stress: interest of its monitoring in clinical chemistry and problems of the choice of an appropriate parameter. *Ann Biol Clin* 55(1):9—16.
- **Favier A. (1997)** The oxidative stress: interest of its monitoring in clinical chemistry and problems of the choice of an appropriate parameter. *Ann Biol Clin*;55(1):9—16.
- **Feiner G (2006).** *Meat Products Handbook: Practical Science and Technology*. CRC Press, Cambridge, England. pp. 73-74, 112-113.
- **Ferguson DM, Warner RD (2008).** Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Sci*;80(1):12—9.
- **Fernandes, R.P.P., Trindade, M.A., Tonin, F.G., Lima, C.G., Pugine, S.M.P., Munekata, P.E.S., ... de Melo, M.P. (2016).** Evaluation of antioxidant capacity of 13 plant extracts by three different methods: cluster analyses applied for selection of the natural extracts with higher antioxidant capacity to replace synthetic antioxidant in lamb burgers. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 451-460.
- **Forouzanfar,M.H., Alexander, L., Anderson, H.R., et al.,(2015).** Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet* 386 (10010):2287–2323.
- **Franco, D Lorenzo, J. M., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba, F. J., Putnik, P., Kovačević, D. B., ... &. (2018).** Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. *Food Research International*, 106, 1095-1104.
- **Fusco D., Colloca G., Lo Monaco M.R. et Cesari M., (2007),** Effects of antioxidant supplementation on the aging process. *Clin Interv Aging*, 2, 377-87.

G

- **Gaddini Andrea 2000** .La race ovine merinizzata italiana da carne thèse de fin d'études universitaires
- **Gandia-Herrero, F., & Garcia-Carmona, F. (2013)**. Biosynthesis of betalains: yellow and 382 violet plant pigments. *Trends in Plant Science*, 18(6), 334-343.
- **Garrel. C, Bigard. X (2017)**. Stress oxydatif et micronutriments antioxydants. *Nutrition du sportif*. Elsevier Masson SAS . 1 p
- **Gatellier, P., Kondjoyan, A., Portanguen, S., Greve, E., Yoon, K., & Santé-Lhoutellier, V. (2009)**. Determination of aromatic amino acid content in cooked meat by derivative spectrophotometry: Implications for nutritional quality of meat. *Food Chemistry*, 114, 1074-1078.
- **Geay Y., Bauchart., Hocquette J.F., Culioli J. (2002)**. Valeur diététique et qualité sensorielle des viandes des ruminants. Incidence de l'alimentation sur les animaux. *INRA Productions Animales*, 15,35-52.
- **Ghaly AE, Dave D, Budge S, Brooks MS (2010)**. Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: Review. *Am J Applied Sci* 7: 846- 864.
- **Giampieri, F., Forbes-Hernandez, T.Y., Gasparrini, M., Alvarez-Suarez, J.M., Afrin, S., Bompadre, S., Quiles, J.L., Mezzetti, B., Battino, M., (2015)**. Strawberry as a health promoter: an evidence based review. *Food Funct.* 6, 1386–1398.
- **Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012)**. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28, 9–19.
- **GIGLI S., FAILLA S., IACURTO M., BONANNO A., ALABISO M., MORMILE M. (1994)** Stima e correlazione dei parametri qualitativi della carne di agnelli appartenenti a diversi tipi genetici. In: Atti del XLVIII congresso della SISV (Società Italiana di Scienze Veterinarie), Giardini Naxos (ME), 28 settembre-1 ottobre: 214.
- **Gobert M, Cossoul C, Comte B, Pujos-Guillot E, Gladine C, Joly C, et al (2010)**. Les hydroxyalkénals liés aux protéines sont-ils des marqueurs discriminants de la peroxydation des AGPI n-3 et n-6 dans la viande bovine ? 13èmes Journées Sciences du Muscle et Technologie de la Viande.

- **Goto, T., Teraminami, A., Lee, J. Y., Ohyama, K., Funakoshi, K., Kim, Y. I., ... Kawada, T. (2012).** Tiliroside, a glycosidic flavonoid, ameliorates obesity-induced metabolic disorders via activation of adiponectin signaling followed by enhancement of fatty acid oxidation in liver and skeletal muscle in obese-diabetic mice. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 23, 768–776.
- **Grunert K.G., Bredahl L., Brunso K., (2004):** Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector a review. *Meat Sci.* 66:259-272.

H

- **Haddadi.H (2005).** « Détermination de l'activité antioxydante de quelques fruits. Mémoire de magister. Université de Béjaia :76.
- **Hajji, H., Joy, M., Ripoll, G., Smeti, S., Mekki, I., Gahete, F. M., ... Atti, N. (2016).** Meat physicochemical properties, fatty acid profile, lipid oxidation and sensory characteristics from three North African lamb breeds, as influenced by concentrate or pasture finishing diets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 48, 102–110.
- **Heinz G, Hautzinger P (2007).** Meat Processing Technology. For Small-to Medium Scale Producers. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific.
- **Hennebelle. T., Sahpaz. S., et Bailleul. F. (2004).** Polyphénols végétaux. Sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*. vol. 2. N° (1) : 36.
- **Heo HJ, Kim YJ, Chung D, Kim DO (2007).** Antioxidant Capacities of Individual and Combined Phenolics in a Model System. *Food Chem*, ; 104(1) : 87-92.
- **Hernandez-Trevino I, Arenas Romero O, Aguirre Conrado LP, et al (2010) ;** Handling preslaughter and meat quality. *REDVET* 11(8):081005
- **Hocquette J.F., Gigli S., (2005):** The challenge of quality. In: J.F. Hocquette and S. Gigli (eds.), *Indicators of milk and beef quality*, EAAP Publ. 112, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, pp 13-22.
- **Hoffmann, L. (2003).** Etude du métabolisme des phénylpropanoïdes; analyse de l'interaction de la caféoyl-coenzyme A 3-O-méthyl transférase (CCoAOMT) avec son substrat et caractérisation fonctionnelle d'une nouvelle acyltransférase,

l'Hydroxycinnamoyl-CoA : shikimate/quinate hydroxycinnamoyl Transférase (HCT).
Thèse de Doctorat : Université de Louis Pasteur-Strasbourg I.

J

- **J. L. Bolland et Geoffrey Gee (1946).** Kinetic studies in the chemistry of rubber and related materials. II. The kinetics of oxidation of unconjugated olefins 42, 236-243
- **J. P. w. Letscherf, w. Lange, L. Frese and R. G. Van Den Berg. (1994).** Taxonomy of Beta Section Beta. Department of Plant Taxonomy, Wageningen Agricultural University, P.D. Box 8010, NL-6700 ED Wageningen, the Netherlands; DLO-Centre for Plant Breeding and Reproduction Research (CPRO-DLO), P.D. Box 16, NL-6700 AA Wageningen, the Netherlands; and institute of Crop Science (FAL), Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig, Germany.
- **Jay J M, Loessner MJ, Golden DA (2005).** Modern Food Microbiology, 7th Ed., Springer Science and Business Media. NY. pp: 63-101.
- **Josiane Cillard et Pierre Cillard (2006).** Mécanismes de la peroxydation lipidique et des anti-oxydations. Ocl vol. 13 N°,24-29
- **Journal de pidiatrie et de puriculture (2002).** Fiche nutrition de la fraise : no 3 – 188
- **Juncher D, Ronn B, Hansen TB, Henckel P, Karlsson A, Skibsted LH (2003), et al.** Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during chill storage of sliced, retail packed roast ham. Meat Sci;63(2):151—9.
- **Kumar, Y., Yadav, D. N., Ahmad, T., & Narsaiah, K. (2015).** Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 14(6), 796-812.

L

- **Ladikos, D., & Lougovois, V. (1990).** Lipid oxidation in muscle foods: a review. Food Chemistry, 35, 295–314.
- **Lakani, 2015 .**L'Algérie à la 5ème place mondiale. Production de viande ovine. http://www.leconews.com/fr/actualites/nationale/commerce/l-algerie-a-la-5eme-place-mondiale-10-08-2015-175022_292.php

- **LANZA A., BIONDI L. (1990)** Miglioramento e valutazione della qualità della carne negli ovi-caprini. In: Atti del II Simposio Internazionale : "Nuove prospettive della ricerca sugli ovi-caprini.", Varese-Ville Ponti, 23 novembre: 129-170
- **Leong. L., and Shui. G. (2002).** An investigation of antioxidant capacity of fruits in singapore markets. *Food Chem., vol. 76. N°(1) : 69.*
- **Linares MB, Berruga MI, Bornez R, Vergara H (2007).** Lipid oxidation in lamb meat: effect of the weight, handling previous slaughter and modified atmospheres. *Meat Sci;76:715—20*
- **Longhi, S., Giongo, L., Buti, M., Surbanovski, N., Viola, R., Velasco, R., Sargent, D. J. (2014).** Molecular genetics and genomics of the Rosoideae: state of the art and future perspectives. *Horticulture Research, 1, 1.*
- **Lorenzo, J.M., Munekata, P.E.S., Sant´Ana A.S., Carvalho, R.B., Barba, F.J., Toldrá, F., Mora, L., &Trindade, M.A. (2018).** Main characteristics of peanut skin and its role for the preservation of meat products. *Trends in Food Science & Technology, 77, 1-10.*
- **Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall X.(1951).** Protein measurement with folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry, 193, 265-275.*
- **Luciano, G Vasta, V.,(2011).** The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants products quality. *Small Rumin. Res. 101,150–159.*

M

- **Macheix, J.J., Fleuriet, F., Jay-Allemand, C. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux : Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. *Polytechniques universitaires romandes. p 192.*
- **Madi. A. (2010).** Caractérisation et comparaison du contenu phénolique de deux plantes médicinales (Thym et Sauge) et la mise en évidence de leurs activités biologiques.Mémoire de magister.UNV.Mentouri.Constantine.31.
- **Mancini, R. A., & Hunt, M. C. (2005).** Current research in meat color. *Meat Science, 71(1), 100-121.*
- **Manso T., Gallardo B,Guerra. C –RivasÁrea (2016).** Modifying milk and meat fat quality through feed changesT. *Small Ruminant Research. RUMIN-5168; 7 p*

- **Marchioni E, sigrist S, (2013).** Evaluation de pouvoir anti-oxydant des aliments. recherche de leurs effets modulateurs sur le stress oxydant dans le cas de diabète.pour obtenir le grade de docteur de l'université de Strasbourg ; 224 p
- **Masaki H., 2010,** Role of antioxidants in the skin: anti-aging effects, *Journal of Dermatological Science*, 58, 85-90.
- **Mattila, P., & Hellstrom, J. (2007).** Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 152–160.
- **Mcclelland GB (2004).** Fat to the fire: the regulation of lipid oxidation with exercise and environmental stress. *Comp Biochem Physiol Biochem Mol Biol*;139:443—60.
- **Medina-Navarro R, Durán-Reyes G, Díaz-Flores M, Vilar-Rojas C, (2010).** Protein Antioxidant Response to the Stress and the Relationship between Molecular Structure and Antioxidant Function. *PLoS ONE*; 5(1) : e8971
- **Micol D., Jurie C., and Hocquette J. F., (2010):** Qualités sensorielles de la viande bovine. Impacts des facteurs d'élevage In: D. Bauchart and B. Picard (eds.) *Muscle et viande de ruminant*. p 163-172.
- **MOËVLI (2006).** **Le point sue la couleur de la viande bovine rédigé par l'Institut de l'Élevage INTERBEV : 149, rue de Bercy – 75595 Paris cedex 12**
- **Monin G., (1991) :** Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *INRA Productions Animales*4 (2): 151-160.
- **MOORE V.J., PRASAD S., DEVINE C.E. (1998)** Changes in lactic acid levels during thawing of lamb chops. *Meat Science*, 49: 343-346.
- **Morand C., (2012).** Microconstituants bioactifs des végétaux et prévention de l'athérosclérose. In : *Les Phytomicronutriments - Strigler F., Coxam V., Amiot M.J. (Eds), TEC & DOC / Lavoisier éditions*, pp. 207-214.
- **Morand C., Milenkovic D., (2014).** Polyphénols et santé vasculaire : mise en évidence du rôle direct des polyphénols dans les effets bénéfiques des agrumes dans la protection vasculaire. UMR 1019 Unité de Nutrition Humaine (UNH), Equipe Micronutriments et Santé Cardiovasculaire, INRA - Centre de Recherche Clermont-Ferrand/Theix, CRNH d'Auvergne. *Innovations Agronomiques* 42 (2014), 47-62.

- **Mylène Goberta, Marie Damonb, Denys Durandc (2013)** . Stress oxydant et qualités nutritionnelles des produits animaux. Cahiers de nutrition et de diététique 48, 225—232

N

- **Naczk. M., et Shahidi. F. (2004)**. Extraction and analysis of phenolics in food. : . *journal of chromatography A.,(1054)* : 95-111.
- **Neri, F., Cappellin, L., Spadoni, A., Alarcon, A.A., Aprea, E., Romano, A., Gasperi, F., Biasioli, F., (2014)**. Role of strawberry volatile organic compounds in the development of Botrytis cinerea infection. Plant Pathol. 64, 709–717.
- **Neumeyer K, Ross T, Thomson G, McMeekin TA (1997)**. Validation of a model describing the effect of temperature and water activity on the growth of psychrotrophic pseudomonads. Int J Food Microbiol 38: 55-63.
- **Nychas GJE, Skandamis PN, Tassou CC, Koutsoumanis KP (2008)**. Meat spoilage during distribution. Meat Sci 78: 77-89.

O

- **Ockerman HW, Basu L (2004)**. Carcass chilling and boning. In: Encyclopedia of meat sciences, Jensen, WK (Ed.), Oxford: Elsevier. pp: 144-149.

P

- **Pal M (2014)**. Preservation of various foods. Ph.D. Lecture Note, Addis Ababa University, College of Veterinary Medicine and Agriculture, Debre Zeit, Ethiopia. pp.1-11.
- **Pal M., Devrani M., (2018)**. Application of Various Techniques for Meat Preservation. Narayan Consultancy on Veterinary Public Health, 4 Aangan, Jagnath Ganesh Dairy Road, Anand-38001, India. Bansi Bungalows, Karamsad Road, V.V. Nagar, Anand, India. Pal et al., *J Exp Food Chem* 2018, 4 : 1.
- **Perez-Chabela ML, Mateo-Oyague J (2004)**. Frozen meat: Quality and shelf life. In: Handbook of Frozen foods. Hui YH, P Cornillon, IG Legaretta, MH Lim, KD Murrell, Kit Nip W (Eds.), Marcel Dekker Inc. New York, USA.
- **Pérez-Jiménez J., Fezeu L., Touvier M., Arnault N., Manach C., Hercberg S., Galan P., Scalbert A., (2011)**. Dietary intake of 337 polyphenols in French adults. Am J Clin Nutr. 93, 1220-1228.

- **Philippe Gatellier, Thierry Sayd, Aurélie Promeyrat , Mylène Gobert , Christophe Chambon , Véronique Santé-Lhoutellier (2014).** identification de marque protéomiques prédictifs de de l'oxydation de la viande Viandes & Produits Carnés. ISSN 2555-8560,1-5
- **Pincemail, J., Degruene, F., Voussure, S., Malherbe, C., Paquot, N., Defraigne, J.O. (2007).** Effet d'une alimentation riche en fruits et légumes sur les taux plasmatiques en antioxydants et des marqueurs des dommages oxydatifs. *Nutrition clinique et métabolisme* 21, 66-75.
- **Pollard JC, Littlejohn RP, Scobie DR, et al (2003).** Maintaining product
- **Polyakov N.E., Leshina T.V., Salakhutdinov N.F., Konovalova T.A. et Kispert L.D.,(2006),** Antioxidant and redox properties of supramolecular complexes of carotenoids with betaglycyrrhizic acid.*Free Radic Biol Med*, 40, 1804-9.
- **Potter, D., Eriksson, T., Evans, R. C., Oh, S., Smedmark, J. E. E., Morgan, D. R., Campbell, C. S. (2007).** Phylogeny and classification of Rosaceae. *Plant Systematics and Evolution*, 266(1-2), 5–43.
- **Prakash D., Upadhyay G, Brahma N., and singh H B, (2007).** sing antioxidant and free radicalcareging activites of some varietés of soybean (*Glycine max*).*Food chemistry* .(104):781-784 .
- **Praphailong W, Fleet GH (1997).** The effect of pH, sodium chloride, sucrose, sorbate and benzoate on the growth of food spoilage yeasts. *Food Microbiol* 14: 459-468.
- **PRIOLO A., MICOL D., AGABRIEL J. (2001)** Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Anim. Res.*, 50, 185-200.
- quality from the farm gate to the processing facility. In: 63rd Conference of the New Zealand Society of Animal Production.

R

- **Raes, K., De Smet, S., Demeyer, D., (2004).** Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 113,199–221.
- **Rahman K. Studies on free radicals, antioxidants, and co-factors. Clin Interv Aging, (2007) ; 2(2) : 219–36.**

- **Rahman SF (1999b)**. Food preservation by freezing. In: Handbook of Food Preservation. Rahman SF (Ed), Marcel Dekker, NY. pp: 259, 262, 268.
- **Rao A.V. et Rao L.G., (2007)**, Carotenoids and human health, *Pharmacol Res*, 55, 207-16.
- **Rémond D, Duchène C, (2014)**. Qualité nutritionnelle des protéines de la viande. <http://www.civ-viande.org/author/didierremond/>.
- **Rhee KS, Ziprin YA, Ordonez G (1987)**. Catalysis of lipid oxidation in raw and cooked beef by metmyoglobin-hydrogen peroxide, nonheme iron, and enzyme system. *J Agric Food Chem*;35:1013—7.
- **Ripoll, G., Albertí, P., Casasús, I., & Blanco, M. (2013)**. Instrumental meat quality of veal calves reared under three management systems and color evolution of meat stored in three packaging systems. *Meat Science*, 93(2), 336-343.
- **Rosmini MR, Perez-Alvarez JA, Fernandez Lopez J (2004)**. Operational Processes for Frozen Red meat. In: Handbook of frozen foods. Hui YH, P Cornillon, IG Legaretta, MH Lim, KD Murrell and W Kit Nip, (Eds.) Marcel Dekker Inc. NY. pp: 177-179.

S

- **S.Akkouche.2016**-LeSoirAlger
<https://www.lesoirdalgerie.com/articles/2016/09/15/article.php?sid=201942&cid=2>
- **Sadasivam, S., Thayumanavan, B. (2003)**. Molecular host plant resistance to pests. Volume 96 de Books in soils, plants and the environment. *CRC Press*. p221.
- **Serrano, A. (2015)**. Tratamientos de residuos y subproductos agroindustriales mediante codigestion anaerobia. Doctoral thesis. Córdoba, España: Facultad de Ciencias. Universidad de Córdoba.
- **Shingfield, K.J., Chilliard, Y., Toivonen, V., Kairenius, P., Givens, D.I., (2008)**. Transfatty acid and bioactive lipids in ruminant milk. *Adv. Exp. Med. Biol.* 606, 3–65.
- **Sindelar JJ, Houser TA (2009)**. Alternative curing systems. In: Ingredients in meat products: Properties, functionality and applications. Tarte, R. (Ed.) Springer Science and Business Media, NewYork, USA. pp: 379-405.

- **Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T., & Sochor, J. (2015).** Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 24673–24706.
- **Smith T.P., Casas E., Rexroad C.E. III, Kappes S.M. and Keele J.W. (2000):** Bovine CAPN1 maps to a region of BTA29 containing a quantitative trait locus for meat tenderness. *Journal of Animal Science*, 78(10):2589-2594.
- **Sokol-letowska. A., Oszmianski. J., Wojdylo. A. (2007).** Antioxydant activity of the phenolic compounds of hawthorn pine and skullcp. *Food chemistry. (103) : 853-859.*

T

- **Thurre N, (2007) .** influence de la variété de la fraise et le de la période de récolte sur le contenus en antioxydants et en anthocyanes ainsi que sur la répartition de l'acide ellagique dans le fruit, les akène, les feuilles et le rhizome. Filière technologie du vivant orientation technologie alimentaire.40

U

- **USDA (2005).** Food Safety Regulatory Essentials (FSRE) Shelf-Stable, Principles of preservation of shelf-stable dried meat products. United State Department of Agriculture. Food Safety and Inspection Service.
- **USFDA (2009).** Food Generally Recognized as Safe (GRAS). US Food and Drug Administration, USA.

V

- **Vierling E, (2003).** Les viandes dans l'aliment et boissons. CRDP. France. pp 58-78.p 170.
- **Visioli, F., Borsani, L., Galli, C. (2000).** Diet and prevention of coronary heart disease: the potential role of Phytochemicals. *Cardiovascular Research* 47, 419-425.

W

- **Waksmundzka- Hajnos, M., Sherma, J. (2011).** High Performance Liquid .Characklis, W.G., Marshall, K.C. (1990). Biofilms. John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y Chromatography in Phytochemical science. *Chromatographic Science Serie.* 477-478.

- **Wang, X., Ouyang, Y., Liu, J., Zhu, M., Zhao, G., Bao, W., Hu, F.B., (2014).** Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Br. Med. J.*, 349.

Z

- **Zeghad. N. (2009).** Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*. *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne. Mémoire de magister. Univ. Mentouri. Constantine. 22.
- **Zhou GH, Xu XL, Liu Y (2010).** Preservation technologies for fresh meat- A review. *Meat Sci* 86: 119-128.

Annexe 01

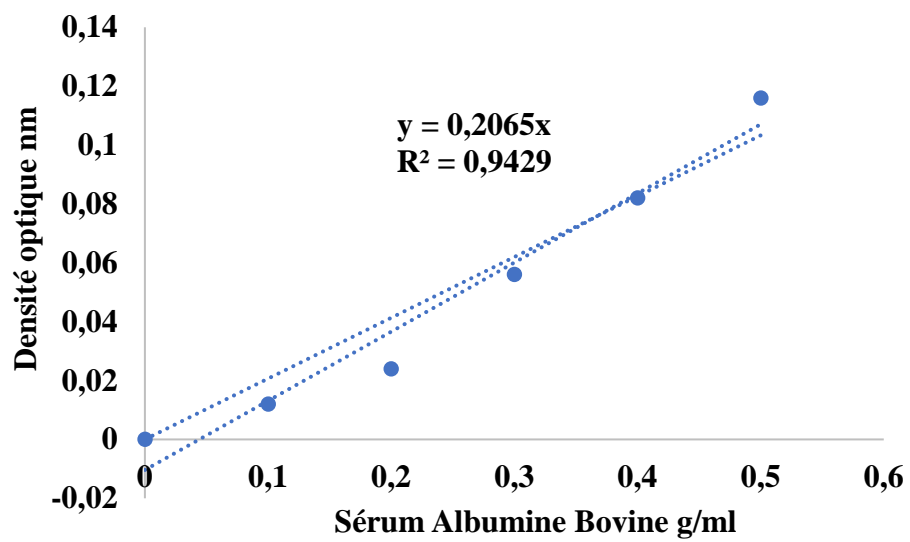


Figure 24 : courbe d'étalonnage BSA (sérum albumine bovine).

Résumé

Cette étude a pour but de dévoiler l'effet de l'addition des antioxydants naturels sous forme de composés phénoliques extraites de la fraise et la betterave rouge sur l'oxydation lipidique de la viande ovine hachée fraîche et congelée.

Nous avons préparé trois différentes concentrations de composés phénoliques extraites de la fraise (concentration A, concentration B, concentration C), le même protocole a été suivi on utilisant les composés phénoliques extraites de la betterave rouge, et nous avons essayé de voir quelle concentration a permis de réduire la teneur en MDA des viandes, car ce dernier est considéré comme indice de fraîcheur de la viande et effectivement nous avons trouvé que la concentration A de la fraise a donné le meilleur résultat en réduisant la teneur en MDA de la viande témoin de (1,81 mg éq MDA/kg) à (0,99 mg éq MDA/kg) comparé à la concentration A de la betterave qui a donné (1,17 mg éq MDA/kg).

Mots clés : antioxydant, polyphénols, fraise, betterave rouge, viande ovine, MDA.

Abstract

The aim of this study is to reveal the effect of the addition of natural antioxidants in the form of phenolic compounds extracted from strawberry and red beetroot on the lipid oxidation of fresh and frozen minced sheep meat.

We prepared three different concentrations of phenolic compounds extracted from the strawberry at (concentration A, concentration B, concentration C), the same protocol was followed using the phenolic compounds extracted from the red beetroot, and we tried to see what concentration allowed to reduce the MDA content of the meat because it was considered as a freshness index of the meat and indeed we found that the concentration A of the strawberry gave the best result by reducing the MDA content of the meat control (1.81 mg eq MDA/kg) at (0,99 mg eq MDA/kg) compared to the concentration A of the red beetroot which gave (1,17 mg eq MDA/kg).

Key words : antioxidant, polyphenols, strawberry, red beetroot, sheep meat, MDA.

ملخص

الغرض من هذه الدراسة هو الكشف عن تأثير إضافة مضادات الأكسدة الطبيعية على شكل مركبات الفينول المستخرجة من الفراولة والبنجر الأحمر على أكسدة دهون لحم الغنم المفروم الطازج والمجمد.

لقد قمنا بإعداد ثلاثة تركيزات من المركبات الفينولية المستخرجة من الفراولة بتركيزات مختلفة (تركيز أ، تركيز ب، تركيز ج)، تم اتباع نفس البروتوكول باستخدام مركبات الفينول المستخرجة من الشمندر، وحاولنا أن نرى أي تركيز سمح بالحد من محتوى أم د للحوم، لأن هذا الأخير يعتبر مؤشر لنضارة اللحم ووجدنا بالفعل أن تركيز الفراولة أ أعطى أفضل نتيجة بتقليل محتوى م د أ اللحم الشاهد من (1,81 مغ مكافئ م د أ / كلغ) إلى (0,99 مغ مكافئ م د أ / كلغ) مقارنة بالتركيز أ للبنجر الأحمر الذي أعطى (1,17 مغ مكافئ م د أ / كلغ).

كلمات مفتاحية : مضاد الأكسدة، بوليفينول، فراولة، البنجر الأحمر، لحم الغنم، م د أ.

Chapitre I : Viande rouge

*Chapitre II : Oxydation
lipidique et stress oxydatifs*

Chapitre III :
Conservation de la viande

*Chapitre IV : Composition
en antioxydants des fruits
et légumes*

Chapitre I : Méthodologie

Chapitre II : Résultats et discussion

Partie bibliographique

Partie expérimentale

Conclusion

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

Table des matières

*Références
bibliographiques*

Annexes

Remerciement

Dédicaces

ملخص

Abstract