

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTRE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MOULOD MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
Département de Biochimie et Microbiologie**



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER en Sciences Biologiques

Option : Biotechnologie Microbienne

THÈME

**Evaluation de quelques activités biologiques des racines de
gombo : Application in vitro**

Présenté par :

M^{elle} KEBOUR Nour El Houda

M^{elle} MENAD Wissam

Dirigé par :

M^{elle} BENAHMED DJILALI A.

Devant le membre de jury :

- **Président : M^f MSELA A. Maître de conférences classe (B) à l'UMMTO**
- **Examinatrice : M^{me} BRAHMI F. Maître de conférences classe (B) à l'UMMTO**
- **Rapporteur : M^{me} BENAHMED DJILALI A. Professeur à l'UMMTO**

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

Nous remercions d'abord Dieu tout puissant de nous avoir donné la force et la volonté pour réaliser notre travail.

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance et remerciements à notre promotrice de mémoire, M^{elle} BENAHMED DJILALI Adiba pour le temps qu'elle nous a consacré à nous apporter les outils méthodologiques indispensables, à la conduite de cette recherche ; nous avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Nous remercions également à toute l'équipe pédagogique de l'Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou.

Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble du personnel des laboratoires qui nous ont accordé leurs aides.

Ensuite, nos remerciements à Mesdames et Messieurs les membres du jury qui auront l'amabilité d'évaluer notre travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre reconnaissance.

Enfin, un grand merci à tous ceux et celles qui ont participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire.

Nour El Houda et Wissam

Dédicaces

À nos chers parents

À la pensée de nos grands parents

À nos familles

À notre promotrice M^{elle} BENAHMED DJILALI qui a été toujours

avec nous

À nos amis (e) et nos collègues

À tous ceux qui aiment la science et la biologie

Nour El Houda et Wissam

Liste des abréviations

- ATP** : Adénosine Triphosphate
- Aw** : Activité de l'eau
- DO** : Densité Optique
- DPPH** : 2,2-Diphényl-1-PicrylHydrazyl
- EQ** : Équivalent de Quercétine
- FAO**: Food and Agriculture Organisation
- H₂SO₄**: Acide Sulfurique
- HCl** : Acide chlorhydrique
- MCF-7** : Michigan Cancer Foundation-7
- MH** : Mueller Hinton
- OMC** : Organisation Mondiale de Commerce
- p53**: protéine 53
- PCA**: Plate Count Agar
- pH** : Potentiel d'hydrogène
- SFB** : Bouillon Sélénite Cystine
- SS** : Gélose *Salmonella Shigella*
- TSE** : Tryptone Sel Eau
- UV** : Ultraviolet
- VRBL** : Milieu Lactosé Bilié au cristal Violet et au Rouge

Liste des figures

Figure 1: Aspect des parties de gombo : A) fruits et graines mûres, B) fleur, C) racines, D) fruits non mûrs (gousses), E) feuilles, F) graines non mûres.	4
Figure 2: Production mondiale de gombo.....	8
Figure 3: Aspect de <i>Sardina pilchardus</i>	14
Figure 4: Répartition géographique de <i>Sardina pilchardus</i>	15
Figure 5: Différentes analyses testées sur gombo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L.).	20
Figure 6: a) Aspect de racines de gombo, b) Aspect de fruit de gombo, c) Aspect de graines de lin.....	21
Figure 7: Aspect de la sardine commune (<i>Sardina pilchardus</i>) originaire de port Zemmouri-El-Bahri (Boumerdès).	22
Figure 8: Aspect de gel des racines de gombo.....	23
Figure 9: a) Chair de racines mise dans l'étuve à 45°C, b) Chair de racine de gombo en poudre.	23
Figure 10: Aspect de poudre des graines de lin	24
Figure 11: a) Méthode d'extraction de mucilage, b) Aspect de mucilage sec obtenu.....	31
Figure 12: Etapes de dosage des flavonoïdes.....	33
Figure 13: Protocole de test du DPPH.	36
Figure 14: Immersion des poissons dans la saumure de NaCl (210g/l).	39
Figure 15: Diagramme des étapes respectées pour les poissons.	40
Figure 16: Résultats du test de réduction de radical libre DPPH par les extraits de gombo....	49
Figure 17: Evolution du pH des poissons à T0 (l'état frais) et après 30 jours de conservation au froid (congélation) dans les différentes matrices.	51
Figure 18: Evolution de l'acidité des poissons à T0 (état Frais) et après 30 jours de conservation au froid (congélation) dans les différentes matrices.....	52
Figure 19: Aspect de différents échantillons des sardines après 30 jours de congélation dans les différentes matrices	55
Figure 20: Teneur en caroténoïde dans le gel et dans l'extrait de poudre de la chair de racines de gombo en mg/l.....	68

Figure 21: Teneur en flavonoïdes dans le gel et extrait de poudre de la chair de racines de gombo en EQ mg/g d'extrait.....	68
Figure 22: Droite d'étalonnage de bêta-carotène en Mg/l.	69
Figure 23: Droite d'étalonnage de la quercétine en mg EQ/g Extrait.....	69
Figure 24: Résultats de l'antibiogramme sur la souche <i>Escherichia coli</i> 25922 ATCC	70
Figure 25: Résultats de l'antibiogramme sur la souche <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923.	71

Liste des tableaux

Tableau I: Classification phylogénétique de l'espèce <i>Abelmoschus esculentus</i>	5
Tableau II: Valeur nutritionnelle brute du fruit de <i>Abelmoschus esculentus</i> pour 100g	6
Tableau III: Modes d'utilisation des différentes parties de gombo.....	7
Tableau IV: Constituants principaux du poisson.....	16
Tableau V: Extraits utilisés dans le test de DPPH.	35
Tableau VI: Extraits utilisés dans l'activité antimicrobienne.....	37
Tableau VII: Interprétation des diamètres des zones d'inhibition.....	38
Tableau VIII: Etapes de l'expérience.	41
Tableau IX: Résultats d'analyse phytochimique de l'infusion des racines et du gel de la chair racinaire d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L.	46
Tableau X: Résultats des paramètres physico-chimiques des racines et du gel de la chair racinaire de gombo.....	47
Tableau XI: Résultats des concentrations des substances bioactives des racines et du gel de la chair de racines de gombo.....	48
Tableau XII: Valeur des % d'inhibition du DPPH par les différents extraits de la chair des racines de gombo.....	49
Tableau XIII: Résultats de dénombrement des bactéries de la sardine conservée dans les différentes matrices à t0 et après 30 jours de congélation.....	53
Tableau XIV: Critères sensoriels de la sardine commune après congélation.....	54
Tableau XV: Matériel utilisés.....	66
Tableau XVI: Valeur de la gamme d'étalonnage des caroténoïdes.....	70

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Table des matières

Summary

Résumé

Introduction générale..... 1

PARTIE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : Généralités sur le gombo (*Abelmoschus esculentus* L.)

Introduction 3

1. Origine..... 3

2. Nomenclature 3

3. Description botanique 4

4. Classification phylogénétique 5

5. Composition nutritionnelle..... 5

6. Culture..... 6

7. Utilisation..... 6

8. Production mondiale 7

9. Bienfaits sur la santé 8

CHAPITRE II : Substances bioactives de gombo

Introduction 10

1.	Substances bioactives de gombo	10
1.1	Mucilages.....	10
1.2	Flavonoïdes.....	11
1.3	Caroténoïdes	11

CHAPITRE III : Généralités sur la conservation de poisson -la sardine commune

(*Sardina pilchardus*)

Introduction	13	
1.	Généralités sur la sardine commune (<i>Sardina pilchardus</i>).....	13
2.	Appellation vernaculaire	13
3.	Position systématique	14
4.	Morphologie	14
5.	Répartition géographique	15
6.	Rendement.....	15
7.	Composition biochimique	15
8.	Valeur nutritionnelle	16
9.	Conservation de poisson.....	16
10.	Types d'altération.....	16
10.1	Décomposition enzymatique	17
10.2	Altération microbienne	17
10.3	Oxydation	18
11.	Signes d'altération.....	18
12.	Conservation.....	18
12.1	Méthodes anciennes.....	18
12.2	Méthodes nouvelles	18

PARTIE 02 : Matériel et Méthodes

1.	Matériel	21
1.1	Cadre de l'étude.....	21

1.2	Matériel végétal	21
1.3	Matériel biologique.....	22
2.	Méthodes	22
2.1	Préparation d'extrait aqueux pur de la chair de racines de gombo.....	22
2.2	Préparation de la poudre de la chair de racines de gombo	23
2.3	Préparation de l'extrait aqueux pur de fruit de gombo.....	23
2.4	Préparation de la poudre des graines de lin	24
2.5	Analyse phytochimique	24
2.5.1	Préparation de l'infusé	24
2.5.2	Recherche des anthocyanes	25
2.5.3	Recherche des tanins.....	25
2.5.4	Recherche des tanins galliques	25
2.5.5	Recherche des flavonoïdes.....	25
2.5.6	Recherche des saponosides.....	25
2.5.7	Recherche des quinones libres.....	26
2.5.8	Recherche des quinones combinées.....	26
2.5.9	Recherche des glucosides	26
2.5.10	Recherche des coumarines.....	26
2.5.11	Recherche des sennosides.....	26
2.6	Analyses physico-chimiques de racines de gombo	27
2.6.1	Dosage de l'acidité.....	27
2.6.2	Potentiel d'hydrogène (pH)	28
2.6.3	Mesure d'Humidité (NF V 03-903).....	28
2.6.4	Dosage des sucres	29
2.7	Dosage des substances bioactives.....	31
2.7.1	Extraction et dosage des mucilages	31
2.7.2	Extraction et dosage des caroténoïdes	32

2.7.3	Dosage des flavonoïdes	33
2.8	Activité antioxydante.....	33
2.8.1	Principe de piégeage du radical libre DPPH.....	34
2.8.2	Préparation des extraits.....	34
2.8.3	Préparation du réactif DPPH.....	35
2.9	Activité antimicrobienne	36
2.9.1	Principe	36
2.9.2	Milieux de culture	36
2.9.3	Préparation des extraits.....	37
2.9.4	Préparation des disques.....	37
2.9.5	Préparation des prés cultures	37
2.9.6	Standardisation des cultures bactériennes.....	37
2.9.7	Mise en évidence de l'activité antibactérienne par la méthode des disques	37
2.10	Application in vitro.....	39
2.10.1	Préparation préliminaire de la sardine	39
2.10.2	Méthode de conservation de poisson.....	39
2.10.3	Analyses physico-chimiques des poissons	42
2.10.4	Analyses microbiologiques.....	43
PARTIE 03 : Résultats etDiscussion		
1.	Résultats d'analyse phytochimique d'extraits de la chaire et les racines de gombo (<i>Abelmoschus esculentus</i> L.).....	46
2.	Résultats d'analyses physico-chimiques des racines et du gel de la chair racinaire d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L.	47
3.	Résultats du dosage des substances bioactives des racines et du gel de la chair racinaire de gombo	48
4.	Résultats de l'activité antioxydante.....	49
5.	Résultats de l'activité antimicrobienne	50

6.	Résultats de la conservation de la sardine commune (<i>Sardina pilchardus</i>).....	51
6.1	Résultats d'analyses physico-chimiques de la sardine commune	51
6.2	Résultats d'analyses microbiologiques de la sardine commune (<i>Sardina pilchardus</i>)... ..	52
6.3	Résultats d'analyse sensorielle de la sardine conservée.....	54

Conclusion et Perspectives

Références bibliographiques

Annexes

Summary

The objective of this study is to valorize the gel of the flesh of okra roots with a view to its use as a preservative matrix for sardines.

The phytochemical analysis and the quantification of certain secondary compounds (flavonoids, carotenoids and mucilages) of the flesh of okra roots (*Abelmoschus esculentus* L.) were carried out. In addition, the evaluation of activities (antioxidant and antimicrobial) of three extracts (aqueous and ethanolic and pure) based on the flesh of okra roots was determined. Sardines (*Sardina pilchardus*) were preserved in three matrices (okra root flesh gel, flax seed powder, okra root flesh gel + flax seed powder) was carried out for 1 month in the freezer. The determination of the biochemical, sensory and microbiological properties of the preserved sardines was carried out.

The main results obtained show that the flesh of okra roots is rich in bioactive substances, namely gallic tannins, glucosides, and coumarins. Okra root flesh powder has a better carotenoid content with 182.9 ± 0.01 mg EC/g of extract. Similar flavonoid yields were recorded in okra root flesh gel and powder with 3.235 ± 0.063 mg EQ/g extract, 3.022 ± 0.1 mg EQ/g extract respectively. The root flesh has a low mucilage content (0.33%) compared to the okra fruit (3.2%). The results of the antiradical potential show that the ethanolic powder extract made from the root flesh of okra is the most antioxidant with an inhibition percentage of $54 \pm 0.14\%$. The study of the antimicrobial activity does not show any zone of inhibition with respect to the strains (*Escherichia coli* 25922 ATCC, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923) tested. The coating of common sardine by three matrices can maintain its original properties against deterioration of biochemical composition and bacterial growth during storage. Changes in sensory, biochemical and microbiological qualities were recorded in the uncoated sardine sample.

Key words: *Abelmoschus esculentus* L., antioxidant activity, antimicrobial activity, bioactive substances, *Sardina pilchardus*, preservation.

Résumé

L'objectif de cette étude est de valoriser le gel de la chair des racines de gombo en vue de son utilisation comme matrice conservatrice de la sardine.

L'analyse phytochimique et la quantification de certains composés secondaires (flavonoïdes, caroténoïdes et mucilages) de la chair des racines de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) ont été réalisées.

En outre, l'évaluation des activités (antioxydante et antimicrobienne) de trois extraits (aqueux, éthanoliques et purs) à base de la chair des racines de gombo a été déterminée.

La conservation de la sardine dans trois matrices (gel, poudre des graines de lin, et gel +poudre des graines de lin) a été réalisée durant 1 mois dans le congélateur. La détermination des propriétés biochimiques, sensorielles, et microbiologiques des sardines conservées a été réalisée.

Les principaux résultats obtenus montrent que la chair des racines de gombo est riche en substances bioactives à savoir les tanins galliques, les glucosides, et les coumarines. La poudre de la chair racinaire de gombo présente une meilleure teneur en caroténoïdes avec $182,9 \pm 0,01$ mg EC/g d'extrait. Des rendements similaires en flavonoïdes ont été enregistrés dans le gel et la poudre de la chair racinaire de gombo avec $3,235 \pm 0,063$ mg EQ /g d'extrait, $3,022 \pm 0,1$ mg EQ /g d'extrait respectivement. La chair racinaire présente une faible teneur en mucilage (0,33%) en comparaison avec le fruit de gombo (3,2%). Les résultats du potentiel antiradicalaire montrent que l'extrait éthanolique de poudre à base de la chair racinaire de gombo est le plus antioxydant avec un pourcentage d'inhibition $54 \pm 0,14\%$. L'étude de l'activité antimicrobienne ne démontre aucune zone d'inhibition vis-à-vis des souches (*Escherichia coli* 25922 ATCC, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923) testées. L'enrobage de la sardine commune par trois matrices peut conserver les propriétés initiales de la sardine commune contre la détérioration de la composition biochimique et le développement bactérien pendant le stockage. Des modifications des qualités sensorielles, biochimiques et microbiologiques ont été enregistrées dans l'échantillon de la sardine non enrobée.

Mots clés : *Abelmoschus esculentus* L., activité antioxydante, activité antimicrobienne, substances bioactives, *Sardina pilchardus*, conservation.

Introduction générale

Ces derniers temps, le recours à l'utilisation de produits à base de substances naturelles issues des plantes a considérablement augmenté dans le monde occidental ainsi que dans les pays développés (Kumar et *al.* 2013). Ces substances présentent des intérêts multiples mis à profit dans la biotechnologie tant dans l'industrie alimentaire, cosmétique que pharmaceutique. Parmi ces substances on retrouve une grande partie des métabolites secondaires qui sont utilisés dans beaucoup de domaines et même en thérapie (Mezouar et *al.* 2014). Ces métabolites sont par la suite accumulés dans différents organes et parfois dans des cellules spécifiques de la plante.

Actuellement, le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques et la toxicité des antioxydants, des compléments alimentaires synthétiques ont conduit les chercheurs à puiser dans le monde végétal et particulièrement les plantes médicinales et culinaires en quête de molécules naturelles efficaces et dénuées de tout effet adverse (Eloff, 1998).

L'Algérie possède une flore végétale riche et diversifiée. Parmi les plantes médicinales on trouve l'espèce (*Abelmoschus esculentus*), l'une des espèces les plus connues et les plus utilisées de la famille des *Malvaceae*, elle est cultivée dans les régions tropicales et subtropicales du monde et d'une importance économique (Gemedede et *al.* 2014).

Le gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) est une culture légumière populaire avec une bonne valeur nutritionnelle, ainsi que certaines valeurs thérapeutiques, ce qui en fait un candidat potentiel dans l'utilisation d'une variété de nutraceutiques. Ses différentes parties (tige, feuilles, fruits, graines et gousses) contiennent certains composants bioactifs importants tels que : les flavonoïdes, les tannins, les caroténoïdes et le mucilage ; qui lui confèrent ses propriétés thérapeutiques potentielles sur diverses maladies chroniques, telles que le diabète de type 2, les maladies cardiovasculaires et digestives. De plus, le mucilage de gombo a été largement utilisé dans des applications médicinales telles que le remplacement du plasma ou les extenseurs de volume sanguin. Dans l'ensemble, le gombo est considéré comme un produit facilement disponible, culture légumière à faible coût avec diverses valeurs nutritionnelles et avantages potentiels pour la santé (Belgasem et *al.* 2019). Néanmoins, le gombo reste mal connu ou même méconnu au niveau de la recherche à cause du choix orienté.

Il existe plusieurs moyens de conservation d'aliments périssables durant des périodes où la nourriture est rare (Berkel et *al.* 2005). Selon la FAO/OMC plusieurs additifs alimentaires chimiques sont ajoutés intentionnellement aux aliments en faibles quantités aux fins d'amélioration de leur apparence, saveur, consistance, bien que leur conservation (Soubra, 2008). Selon le règlement européen, un additif alimentaire ne peut être autorisé que si son utilisation ne pose pas de problème de sécurité quant à la santé du consommateur, mais certains additifs posent problèmes cancérigènes, altération de la fonction immunitaire; cela a incité les chercheurs à trouver une autre alternative naturelle, tel que les additifs phylogénétiques qui sont des mélanges de métabolites secondaires d'origine végétale peuvent avoir un impact bénéfique sur la conservation des produits de la mer (poissons et crevettes) exerçant des activités antioxydantes, antibactériennes, antifongiques et antivirales.

Dans ce contexte s'inscrit le présent travail de recherche dont le but principal est de valoriser l'extrait des peaux des racines de gombo qui est riche en mucilage en vue de son utilisation comme agent de conservation de la sardine locale. Cette recherche passe nécessairement d'une part, par la connaissance des critères de biochimiques et phytochimiques de la variété de gombo étudiée et d'une part par l'exploitation des différentes activités biologiques (antimicrobienne, antioxydante) ainsi que l'essai de conservation de la sardine dans cet extrait au froid (congélation) pendant une durée d'un mois suivie par des analyses (sensorielles, physico-chimiques et microbiologiques) de la sardine conservée.

Notre travail s'articule essentiellement autour des parties suivantes :

- La première partie est une revue bibliographique comporte 03 chapitres qui résument les propriétés de la plante étudiée, leurs substances bioactives et la sardine avec ses moyens de conservation ;
- La seconde partie, présente la méthodologie adoptée dans nos expérimentations ;
- La troisième partie, concerne l'exploitation des résultats obtenus ;
- La quatrième partie, regroupe la discussion des résultats obtenus ;
- À la fin, nous terminerons par une conclusion et des perspectives.

PARTIE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE



CHAPITRE I :

Généralités sur le gombo

(Abelmoschus esculentus L.)

Introduction

Le gombo est une plante de la famille des *Malvaceae*, composée de différentes espèces soient cultivées, ou sauvages (Paré et *al.* 2021). Cette plante faisait autrefois partie du genre *Hibiscus*, mais aujourd'hui, elle est classée dans le genre *Abelmoschus* (Charrier et *al.* 1997). En effet, elle constitue une seule culture légumière d'importance dans la famille des *Malvaceae* (Kumar et *al.* 2013 ; Gemedé et *al.* 2014). Le gombo communément appelé doigt de la dame, comme on peut trouver d'autres noms vernaculaires okra liés aux différentes régions géographiques de sa culture (Elkhalifa et *al.* 2021).

Sur les dix espèces actuellement connues, deux sont cultivées pour leur fruit : *A. esculentus* et *A. caillei*. Tandis que, deux autres espèces cultivées : *A. manihot*, pour ses feuilles et *A. moschatus*, pour ses graines.

Le fruit de gombo est principalement utilisé pour l'alimentation, bien que certains pays consomment également ses feuilles. Il a une valeur nutritionnelle appréciable et peut compléter une alimentation déséquilibrée grâce à ses fortes teneurs en glucides, protéines, phytostérols, fibres et en minéraux (Paré et *al.* 2021).

De même, ses vertus thérapeutiques ont été argumentées par (Belgasem et *al.* 2019), il est employé dans la fabrication des médicaments, dans la médecine moderne et joue également un rôle important dans le traitement de nombreuses maladies incurables.

1. Origine

Le gombo est cultivé dans les régions tropicales et subtropicales du monde telles que le Nigeria, l'Inde, l'Éthiopie, la Turquie, le Japon, la Malaisie et le sud des États-Unis (Shaeroun et *al.* 2021 ; paré et *al.* 2021). Il s'est ensuite répandu en Méditerranée, en Arabie, et en Europe au XII^e siècle (Gemedé et *al.* 2014).

2. Nomenclature

Le gombo a plusieurs noms locaux spécifiques aux différentes régions géographiques de sa culture (Elkhalifa et *al.* 2021). Il s'appelle lady's finger au Royaume-Unis, gombo aux États-Unis d'Amérique, guinogombo en espagnol, guibeiro en portugais et bhindi en Inde. Dans son origine éthiopienne, il est également connu sous le nom de Kenkase (Berta), Andeha

(Gumuz), Bamia (Oromica/Amharic). Le nom Okra peut être dérivé de l'une des langues Niger-Congo, qui était utilisée en anglais à la fin du 18e siècle (Gemedé et *al.* 2014).

3. Description botanique

La plante se présente sous forme arbustive assez grande, atteignant 2m50 chez la plupart des espèces (Paré et *al.* 2021). Anatomiquement, les fruits, la tige et les feuilles du gombo sont recouverts de minuscules structures douces et poilues (**Figure 01**). Bien que la floraison de la plante de gombo soit pérenne, elle est fortement dépendante de divers facteurs biotiques et abiotiques (Elkhalifa et *al.* 2021).

- **Le fruit** : constitue la partie comestible du gombo ou sa capsule (gousse), d'environ 15 à 20 cm de long d'apparence pyramidal-oblong, pentagonal et hispide. Il se caractérise par des cavités à l'intérieur généralement pentagonale ou hexagonale, qui contiennent des petites graines molles qui sont elles aussi comestibles (Paré et *al.* 2021).
- **Les feuilles** : polymorphes, caractérisées par des faces supérieures et inférieures poilues et des pétioles mesurent environ 15 cm de long.
- **Les fleurs** : de couleur jaune pâle à centre rouge foncé, facilement reconnaissables (Elkhalifa et *al.* 2021).

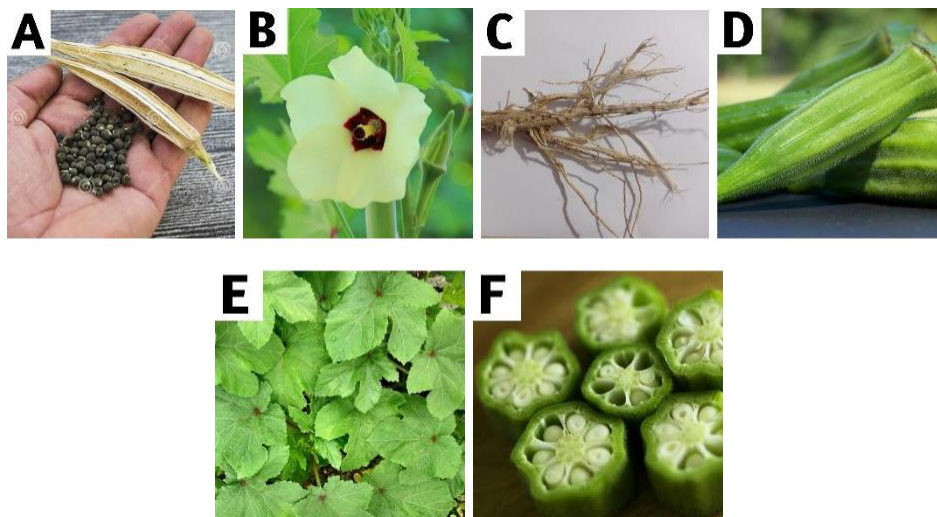


Figure 1: Aspect des parties de gombo : A) fruits et graines mûres, B) fleur, C) racines, D) fruits non mûrs (gousses), E) feuilles, F) graines non mûres.

4. Classification phylogénétique

(*Abelmoschus esculentus*) est l'une des espèces les plus connues et les plus utilisées de la famille des *Malvaceae* originaire d'Afrique du nom biologique de *Hibiscus esculentus* et *Abelmoschus esculentus* (Gemedé et al. 2014).

Le tableau I présente le classement scientifique de l'espèce *Abulmoschus esculentus* (kumar et al. 2013).

Tableau I: Classification phylogénétique de l'espèce *Abelmoschus esculentus*.

Royaume	Plantes
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classer	<i>Magnoliopsida</i>
Commande	<i>Malvales</i>
Famille	<i>Malvaceae</i>
Genre	<i>Abelmoschus</i>
Espèce	<i>A.Esculentus</i>
Nom binomial	<i>Abelmoschus esculentus</i>

5. Composition nutritionnelle

Le fruit de gombo est riche en vitamines, calcium, potassium et autres minéraux (**Tableau II**), ses graines constituent une bonne source d'huile (acides gras insaturés) et de protéines, qui sont reconnues pour leurs excellentes qualités nutritionnelles. Les fruits mûrs et les tiges contiennent des fibres brutes et des racines riches en mucilage.

Tableau II : Valeur nutritionnelle brute du fruit d'*Abelmoschus esculentus* pour 100 g d'après Kumar et al. (2013).

Énergie	33kcal
Glucides	7,45g
Sucres	1,48g
Fibres alimentaires	3,2g
Gras	0,19g
Protéines	2g
Eau	90,19g
Vitamine A	36µg
Thiamine (B1)	0,2mg
Riboflavine(B2)	0,06mg
Niacine(B3)	1mg
Vitamine C	23mg
Vitamine E	0,27mg
Vitamine K	31,3g
Calcium	82mg
Fer	0,62mg
Magnésium	57mg
Potassium	299mg
Zinc	0,58mg

6. Culture

Le gombo est un arbuste annuel qui pousse principalement dans les régions tropicales et subtropicales tempérées du monde entier et représente une culture maraîchère populaire, ainsi qu'une culture agricole (Elkhalifa et al. 2021). Il a besoin d'une température moyenne de 20°C à 30°C. Ce fruit-légume tolère des sols pauvres, mais préfère les loams sableux bien drainés et fertiles avec un pH qui varie de 6 à 7 et une teneur élevée en matière organique. Le gombo a besoin de 80-100 cm de précipitation modérée et bien répartie pour produire de jeunes fruits comestibles sur une période de temps relativement longue (Benchasri, 2012).

7. Utilisation

Le gombo est une culture polyvalente en raison de ses diverses utilisations de ses différentes parties (feuilles fraîches, bourgeons, fleurs, gousses, tiges et graines (Gemede et al. 2014) (**Tableau III**).

Tableau III: Modes d'utilisation des différentes parties de gombo.

<i>Abelmoschus esculentus</i>	Mode d'utilisation
Fruit	- Utilisé comme condiment (Charrier et <i>al.</i> 1997), il rentre dans la préparation de différents plats (salades, soupes, ragoûts, frits ou bouillis (Elkhalifa et <i>al.</i> 2021) ;
	- Utilisé pour le traitement des infections catarrhales, de la dysurie et de la gonorrhée, diurétique et émollient (Gemedede et <i>al.</i> 2014) ;
	- Utilisé dans la fabrication de cornichons (Elkhalifa et <i>al.</i> 2021) et dans l'industrie du papier (Kumar et <i>al.</i> 2013), en confiserie (Gemedede et <i>al.</i> 2014) et dans la production de différents produits cosmétiques (Paré et <i>al.</i> 2021) ;
	- Ses polysaccharides sont utilisés dans les aliments surgelés sucrés (par exemple, la crème glacée) et les produits de boulangerie en raison de leur longue durée de conservation (Elkhalifa et <i>al.</i> 2021) ;
Racine	- La racine a un fort effet adoucissant et peut être utilisée comme substitut du plasma dans le traitement de la syphilis et en dehors du Népal dans le traitement des coupures, plaies et furoncles (Kumar et <i>al.</i> 2013) ;
Graines	- Les graines sont antispasmodiques, cordiales et stimulantes et leur infusion a des propriétés sudorifiques ;
	- Elles constituent source alternative d'huile alimentaire, biocarburant (Schafleitner et <i>al.</i> 2021) et comme substitut de café décaféiné (Gemedede et <i>al.</i> 2014) ;
Feuilles	- Ses feuilles fournissent également un cataplasme émollient (Kumar et <i>al.</i> 2013).

8. Production mondiale

L'espèce *Abelmoschus esculentus* est cultivée sur environ 2 millions d'hectares et produit près de 10 millions de tonnes de gousses dans le monde (Schafleitner et *al.* 2021) (**Figure 02**). Spécialement en Algérie, la production de cette culture a atteint un rendement de 3 tonnes par hectare en 2021 en respectant des programmes dans plusieurs provinces (Addou, 2022).

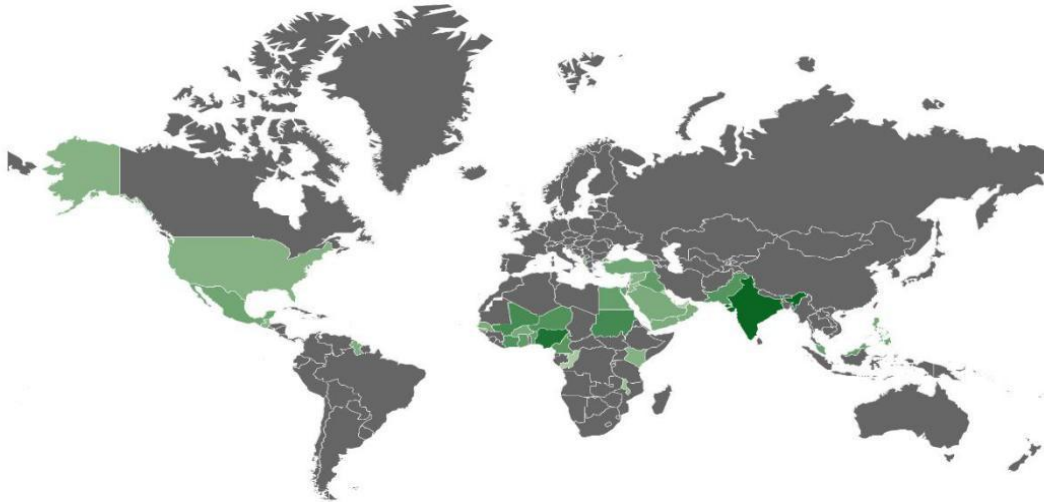


Figure 2: Production mondiale de gombo (Atlas Big Principaux pays producteurs de gombo –AtlasBig.com).

9. Bienfaits sur la santé

Le gombo a été utilisé non seulement pour sa valeur nutritionnelle, mais aussi pour ses propriétés nutraceutiques et thérapeutiques, et ses applications pharmacologiques.

➤ Efficacité thérapeutique

Les gousses de gombo sont recommandées pour le traitement de la dysenterie, de la gonorrhée et des complications urinaires, elles ont également des propriétés hydratantes et diurétiques (ElKhalifa et *al.* 2021). De plus, des recherches ont montré qu'elles sont également utilisées pour traiter l'inflammation pulmonaire, l'irritation intestinale et gastrique, mal de gorge et autres affections inflammatoires (Kumar et *al.* 2013).

➤ Efficacité intestinale

Ses fibres ont des propriétés laxatives bénéfiques pour le nettoyage des intestins. De par leur capacité de rétention d'eau, joueront également un rôle actif dans le métabolisme des graisses dans notre corps stimulant le mouvement de la bile pour éliminer l'excès de cholestérol et les substances nocives du corps.

➤ Efficacité psychologique

Parmi les nombreux bienfaits du gombo, on compte également son action en cas de dépression et de faiblesse, il contribue à assurer la récupération des conditions psychologiques et spirituelles.

➤ Efficacité anti ulcérogène

Le gombo constitue un traitement efficace contre les ulcères et la santé des articulations.

➤ **Efficacité antidiabétique**

Le mucilage et les gousses font du gombo un aliment de choix pour les personnes diabétiques, en diminuant le niveau de sucre dans le sang.

➤ **Efficacité antioxydante**

Une étude récente a démontré l'effet antioxydant des graines des gousses immatures composées d'une grande quantité de polyphénols (29,5%).

➤ **Effet anticancéreux**

Un rapport récent a élucidé que, les flavonoïdes purifiés à partir de fleurs de gombo avaient un effet antitumoral significatif sur la tumeur maligne colorectales in vitro et in vivo en activant p53, entraînant l'arrêt de la fonction mitochondriale dans les cellules tumorales colorectales, conduisant finalement à l'apoptose cellulaire et l'autophagie qui sont restreintes (Elkhalifa et *al.* 2021).

➤ **Potentiel immunomodulateur**

Grâce à son fort pouvoir antioxydant, le gombo permet de limiter l'action des radicaux libres. De plus, il contient de nombreux nutriments qui participent au bon fonctionnement du système immunitaire.

➤ **Action microbicide**

Elkhalifa et *al.* (2021), ont rapporté que, les acides palmitiques et stéariques extraits de gousses de gombo inhibent *Rhodococcus opacus*, *Rhodococcus erythropolis*, *Mycobactérie aurum*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, et *Xanthobacter*, *Helicobacter pylori*.

CHAPITRE II :

Substances bioactives de gombo

Introduction

Gombo (*Abelmoschus esculentus* L.), en tant que sorte de légume nutritif, est riche en substances bioactives telles que les flavonoïdes, les polyphénols, les polysaccharides, les acides aminés, etc. Possède une variété d'activités biologiques : antioxydantes, anti-inflammatoires, anti-allergiques et anticancéreuses. Selon des études, le mucilage de gombo peut être utilisé comme nouvel immunomodulateur ou adjuvant pour la néphropathie diabétique (Zhu et *al.* 2020), également, des films comestibles peuvent être préparés avec succès à partir de mucilage extrait de gousses de gombo matures (Cotrim et *al.* 2016). Cependant, les flavonoïdes de gombo sont disponibles comme médicament ou comme un aliment fonctionnel qui apporte une neuroprotection dans les maladies neurodégénératives telle que la maladie d'Alzheimer (MA) (Yan et *al.* 2021). Enfin les caroténoïdes de gombo sont considérés comme des substances anticancéreuses (Elkhalifa et *al.* 2021).

1. Substances bioactives de gombo

1.1 Mucilages

Le mucilage de gombo est une source renouvelable et peu coûteuse biodégradable, à un rendement 2,76% en poids (Cotrim et *al.* 2016), sont des polysaccharides naturels, chimiquement acides associés à des protéines et des minéraux (Gemedé et *al.* 2014). La pectine est le principal polysaccharide qui a été identifiée comme responsable de l'aspect visqueux de l'extrait, ces polysaccharides sont des solides floculants blancs qui sont insolubles dans les solvants organiques mais facilement solubles dans l'eau et produisent des solutions très visqueuses. Les principaux composants de ces polysaccharides sont le mannose, le rhamnose, l'acide glucuronique, le glucose, l'arabinose, l'acide galacturonique, le galactose et la xylose, ces composés montrent des activités biologiques importantes. Grâce à des études *in vivo* et *in vitro*, le mucilage de gombo peut être considéré comme un aliment fonctionnel naturel en raison de ses bienfaits potentiels pour la santé : antitumorales, antioxydantes, antimicrobiennes, hypoglycémiques et antiulcéreux. Il est également responsable de l'élimination des substances toxiques et du mauvais cholestérol et également traite les irritations gastriques (Dantas et *al.* 2021).

En tant qu'additif, il peut améliorer la stabilité, la texture et la qualité d'apparence des aliments, il peut également être utilisé comme agent gélifiant. Il peut améliorer la vitalité des probiotiques utilisés dans les aliments.

1.2 Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des métabolites secondaires de structure (Yi, 2018) considérés comme l'une des sections les plus importantes des composés phénoliques. Ils sont concentrés surtout dans la partie aérienne de la plante (Asiri, 2013). Ils possèdent des pigments polyphénoliques responsables de la coloration des organes végétaux en jaune, orange, rouge ou blanc (Ghedira, 2005 ; Vania *et al.* 2014). Sont considérés comme des ingrédients clés de l'alimentation humaine et sont associés à une plus grande longévité et à de nombreuses fonctions biologiques dont la synthèse protéique, la différenciation de la prolifération cellulaire et l'angiogenèse, apportant des effets bénéfiques dans différentes pathologies chez l'Homme : activités antioxydantes, antimicrobiennes, antimutagènes, vasodilatatrices, cardioprotectrices et anticancéreuses. Également considérés comme nutriment prometteurs pour prévenir et traiter les maladies inflammatoires, par l'activation ou l'inactivation de divers inflammasomes au cours des réponses inflammatoires (Yi, 2018).

1.3 Caroténoïdes

Les pigments caroténoïdes sont un groupe de composés bioactifs qui intéressent les scientifiques de l'alimentation, les nutritionnistes et les industries alimentaires en raison de leurs impacts potentiels sur la santé humaine. Sont présents dans les feuilles, les fruits, les fleurs, les racines et les graines de plantes (Langi *et al.* 2018), ainsi dans de nombreux micro-organismes (EL-Qudah. 2009).

Les caroténoïdes peuvent être divisés en deux catégories selon leur fonction : les xanthophylles, dont la lutéine et la zéaxanthine, et les carotènes, y compris l' α -carotène, le β -carotène et le lycopène (Langi *et al.* 2018). Ceux-ci constituent 70 % des caroténoïdes circulant dans le plasma et s'accumulent dans les tissus humains (Luiz *et al.* 2021).

De plus, l' α -carotène, le β -carotène et la β cryptoxanthine sont considérés comme des caroténoïdes de la provitamine A. Les caroténoïdes, provitamines A ou non, ont de multiples effets : anti-inflammatoire, améliorent de la réponse immunitaire, réduisent la dégénérescence dans les maladies dégénératives telles que le cancer et la cataracte, protègent la peau des dommages induits par les UV et peuvent réduire le risque de maladies cardiovasculaires (Langi *et al.* 2018).

Selon une étude d'EL-Qudah sur les niveaux de différents caroténoïdes présents dans la plante de gombo, il contient $2,08 \mu\text{g g}^{-1}$ de violaxanthine, $8,98 \mu\text{g g}^{-1}$ de lutéine, $1,93 \mu\text{g g}^{-1}$ de béta carotène et $0,19 \mu\text{g g}^{-1}$ de lycopène.

Également une autre étude visait à effectuer une méta-analyse de la biomolécule de lutéine du gombo sur la lignée cellulaire de cancer du sein MCF-7 et à décrire le potentiel de développement de nutraceutique à base de lutéine, Montrant une forte activité anticancéreuse (Elkhalifa et *al.* 2021).

CHAPITRE III :

Généralités sur la conservation de poisson -la sardine commune (*Sardina pilchardus*)

Introduction

L'aliment est un besoin fondamental pour la vie, l'agriculture, l'élevage et la pêche fournissent à l'homme une variété de produits qui doivent être conservés pour être consommés sur une plus longue période. Le développement des méthodes de conservation a contribué à la production d'aliments au niveau mondial, au point qu'aujourd'hui, on estime que la production alimentaire mondiale est suffisante pour nourrir toute l'humanité (Nout et *al.* 2003).

1. Généralités sur la sardine commune (*Sardina pilchardus*)

Le pilchard européen est un petit poisson pélagique qui appartient à la famille des *clupéidés* (Handjar et *al.* 2019), considérée comme un petit hareng puis était confondue avec le sprat. En 1792, Walbaum sépare la sardine du sprat et lui attribue son nom d'espèce *pilchardus* (Lavoué et *al.* 2007).

La sardine est ciblée par les senneurs et les chalutiers pélagiques dans tout le bassin méditerranéen et elle a une forte importance économique et écologique mondiale, car elles représentent environ 20 % des débarquements mondiaux des pêches de capture, et elle joue un rôle clé dans le maintien des processus écologiques dans les systèmes marins, occupant un niveau trophique intermédiaire essentiel dans les écosystèmes pélagiques (Boušelić et *al.* 2018).

En tant qu'autre petit poisson pélagique, cette espèce a une courte durée de vie, mais elle est soumise à des fluctuations naturelles de productivité et est fortement exploitée (Santos et *al.* 2018).

2. Appellation vernaculaire

Cette espèce est connue sous plusieurs noms dans différents pays :

Angleterre : European pilchard ;

Allemagne : Sardine, pilchard ;

Français : Sardine commune ;

Italie : Saraghina, sarda, sard, sardella, sardina. ;

Japon : Iwashi, Sardinopa. ;

Espagne : Sardina, sardina europea ;

Turquie : Sardalya. (Bauchot, 1987).

Algérie : sardine.

L'espèce *Sardina pilchardus* appartient à un groupe taxonomique complexe qui regroupe le poisson pélagique marin et dulçaquicole comme les harengs, les sprats, les aloses.

Le genre *Sardina* ne comprend qu'une espèce, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) (Lavoué et *al.* 2007).

3. Position systématique

La position systématique de ce poisson est la suivante :

Embranchement : Vertébrés.

Classe : Ostéichthyens (poissons osseux).

Sous-classe : Actinoptérygiens.

Ordre : Clupéiformes.

Famille : *Clupeidae*.

Genre : *Sardina*.

Espèce : *Sardina pilchardus*.

4. Morphologie

La sardine possède un ventre argenté brillant et un dos bleuté (**Figure 03**). Elle se caractérise par des écailles sessiles qui se détachent facilement du corps, un opercule strié, et les deux derniers rayons de la nageoire anale sont plus allongés que les précédents. Elle possède une série de taches sombres le long des flancs supérieurs (Whitehead, 1985). La taille du poisson peut atteindre 27 cm de longueur totale, mais la taille la plus commune se situe entre 10 et 20 cm (Furnestin, 1943 ; Lee, 1961 ; Forest, 2001).



Figure 3:Aspect de *Sardina pilchardus* (Walbaume, 1792).

5. Répartition géographique

La sardine est très répandue dans la plupart des zones côtières de l'est de l'Atlantique Nord, de l'Islande et de la mer du Nord vers le sud jusqu'à la baie de Gorée, au Sénégal. Ce poisson est également abondant en Méditerranée, où il est commun dans la partie occidentale et dans l'Adriatique. Il est rare dans la partie orientale, dans la mer de Marmara et dans la mer Noire (Handjar et *al.* 2019) (**Figure 04**).

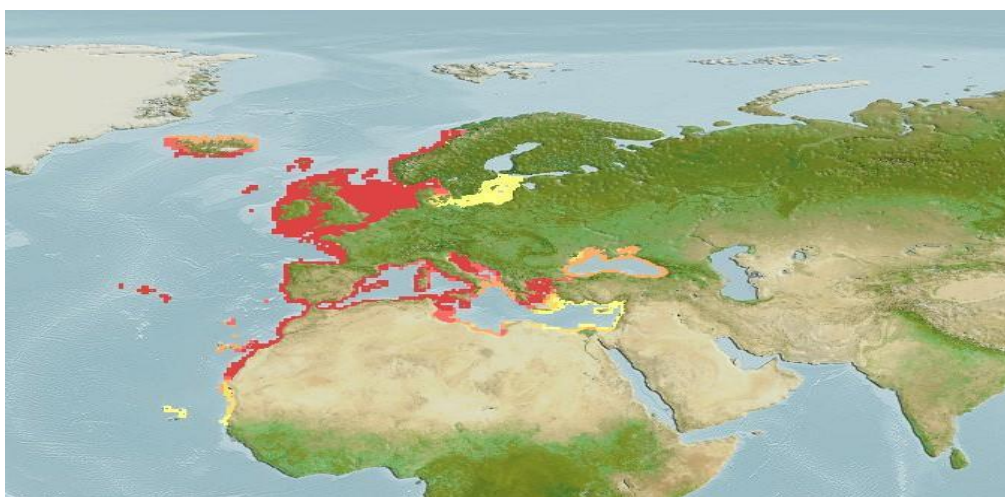


Figure 4:Répartition géographique de *Sardina pilchardus* (kaschner et *al.* 2013 in AquaMMaps.org).

6. Rendement

En Méditerranée, la sardine européenne (*Sardine pilchardus*) et l'anchois européen (*Engraulis encrasicolus*) représentent environ 40 % des captures totales de poisson (Gordó-Vilaseca et *al.* 2021). Selon la FAO, la production totale de capture dans la mer Adriatique de la sardine européenne en 2014 a atteint 75 000 tonnes, tandis que dans l'ensemble de la mer Méditerranée, elle a atteint 187 171 tonnes (Boušelić et *al.* 2018). Selon Fodeili, (2021), la production de la sardine en Algérie atteint 30 000 tonnes en 2021.

7. Composition biochimique

La sardine est une excellente source de protéines avec de haute valeur biologique, d'eau qui est responsable des réactions chimiques, enzymatiques et biologiques ; de lipides, de minéraux et présente une valeur calorique importante (Abdillmouleh et *al.* 1980).

Le tableau suivant présente la composition biochimique du poisson.

Tableau IV: Constituants principaux du poisson (Yolande, 2022).

Constituants	Filets de poisson (%)
Protéines	16-21
Lipides	0,2-25
Hydrates de carbone	< 0,5
Cendres	1,2-1,5
Eau	66-81

8. Valeur nutritionnelle

Comme tous les poissons gras, la sardine possède un contenu élevé en matières grasses, et surtout en acides gras polyinsaturés de la série oméga-3 qui lui confèrent des effets protecteurs sur la santé cardiovasculaire. Ces acides gras sont favorables au bon fonctionnement métabolique issus de la sardine possèdent un effet bénéfique cas d'obésité, et l'insulino-résistance (Nettleton et Katz, 2005 ; Yashodhara et *al.* 2008). Ils améliorent également la voie métabolique du cholestérol (Louala et *al.* 2011 ; Boukhari et *al.* 2013), ils possèdent un effet hypotriglycéridémique plus important (Dehiba et *al.* 2010).

9. Conservation de poisson

Le poisson est une source de protéines qui rentre dans l'alimentation des peuples partout dans le monde. Associé à une source de glucides, il représente un complément très riche pour une alimentation équilibrée : il apporte des protéines, des lipides, des éléments minéraux et des vitamines nécessaires à la santé humaine (Bodin, 1997).

La fonction principale de la conservation est de maintenir la qualité et la valeur nutritionnelle des aliments pendant une longue période en empêchant l'altération des aliments (Tuara et *al.* 1999).

10. Types d'altération

Le poisson est une denrée hautement périssable qui peut s'altérer immédiatement après sa capture que n'importe quel autre aliment, devenant vite impropre à la consommation et même dangereux pour la santé humaine (Assogba et *al.* 2018).

Les principales formes de détérioration du poisson sont (Berkel et *al.* 2005) :

- La détérioration autolytique (enzymatique).
- La détérioration microbiologique
- L'oxydation de la graisse.

10.1 Décomposition enzymatique

L'altération autolytique est largement représentée par la dégradation de l'ATP. Il a été démontré que les produits issus de ce processus ont pour conséquence l'arrière-goût amer du poisson altéré (Hughes et Jones, 1966). Les enzymes de la protéolyse autolytique contribuent à la dégradation des tissus de la chair de poisson *post mortem*, conduisant à un ramollissement considérable du muscle (Chéret, 2005). Les protéines sont très peu touchées pendant la *rigor mortis*. Elles le seront ultérieurement sous l'effet des enzymes protéolytiques (cathepsines, calpaïnes et collagénase). Il en résulte une augmentation en certains composés tels que l'acide glutamique, l'ammoniaque (NH₃) et la tyrosine (Diop, 2008).

10.2 Altération microbienne

Les bactéries se développent à la surface des poissons (sur la peau et dans les branchies) se comptent par millions. Elles sont également présentes dans leurs intestins. Un poisson vivant et en bonne santé utilise ses mécanismes de défense naturels pour se protéger contre les effets néfastes des bactéries. Toutefois, dès que le poisson meurt, ses mécanismes cessent de fonctionner. Les bactéries peuvent alors attaquer les chairs et s'en nourrir, puis se reproduire par millions, provoquant ainsi la dégradation des tissus. Les bactéries ne peuvent se développer que si les conditions suivantes sont réunies : température ambiante, présence d'eau, source de nourriture. Les bactéries pénètrent plus facilement les tissus si les procédures correctes de manipulation et d'entreposage ne sont pas respectées (Tuara et *al.* 1999).

Les espèces microbiennes les plus souvent rencontrées chez le produit de la pêche sont (Yoland, 2022) :

- Bactéries psychotrophes Gram négatif non sporulés : *Pseudomonas*, *Moraxella*.
- Bactéries psychotrophes Gram positif : *Streptococcus*, *Bacillus*.
- Bactéries pathogènes : *Vibrio*, *Staphylocoques*, *Salmonella*, *Listéria*, *E. coli*.

10.3 Oxydation

Ce phénomène, appelé plus couramment rancissement, se produit lorsque l'oxygène de l'air réagit au contact des matières grasses contenues dans la chair du poisson. Il en résulte un goût âcre et une odeur forte et désagréable. Les poissons gras congelés et stockés dans de mauvaises conditions peuvent se détériorer du fait de l'oxydation, même si la température est trop basse, ainsi permettre aux bactéries de se développer ou aux enzymes d'agir de manière efficace (Tuara et *al.* 1999).

11. Signes d'altération

Les caractéristiques du poisson avarié par rapport au poisson frais sont les suivantes (Berkel et *al.* 2005) :

- Une forte odeur.
- Branchies rouge foncé et visqueuses, au lieu de branchies rouge vif.
- Une chair molle avec traces de sang de couleur brune, au lieu de chair ferme avec sang rouge.
- Des pupilles rouges laiteuses, au lieu de pupilles claires.

12. Conservation

Pour assurer la qualité des poissons, plusieurs techniques de conservation et de transformation sont utilisées et varient sensiblement selon les pays et des habitudes alimentaires (Assogba et *al.* 2018) :

12.1 Méthodes anciennes

- Fumage.
- Salage.
- Fermentations de la pêche.

12.2 Méthodes nouvelles

- Hautes températures : Pasteurisation/déshydratation, appertisation.
- Basses températures : Réfrigération, Utilisation de l'eau de mer glacée, Congélation / Surgélation, Ionisation.
- Utilisation de composés chimiques : Utilisation d'additifs, Mise sous atmosphère modifiée.

PARTIE 02 : Matériel et Méthodes

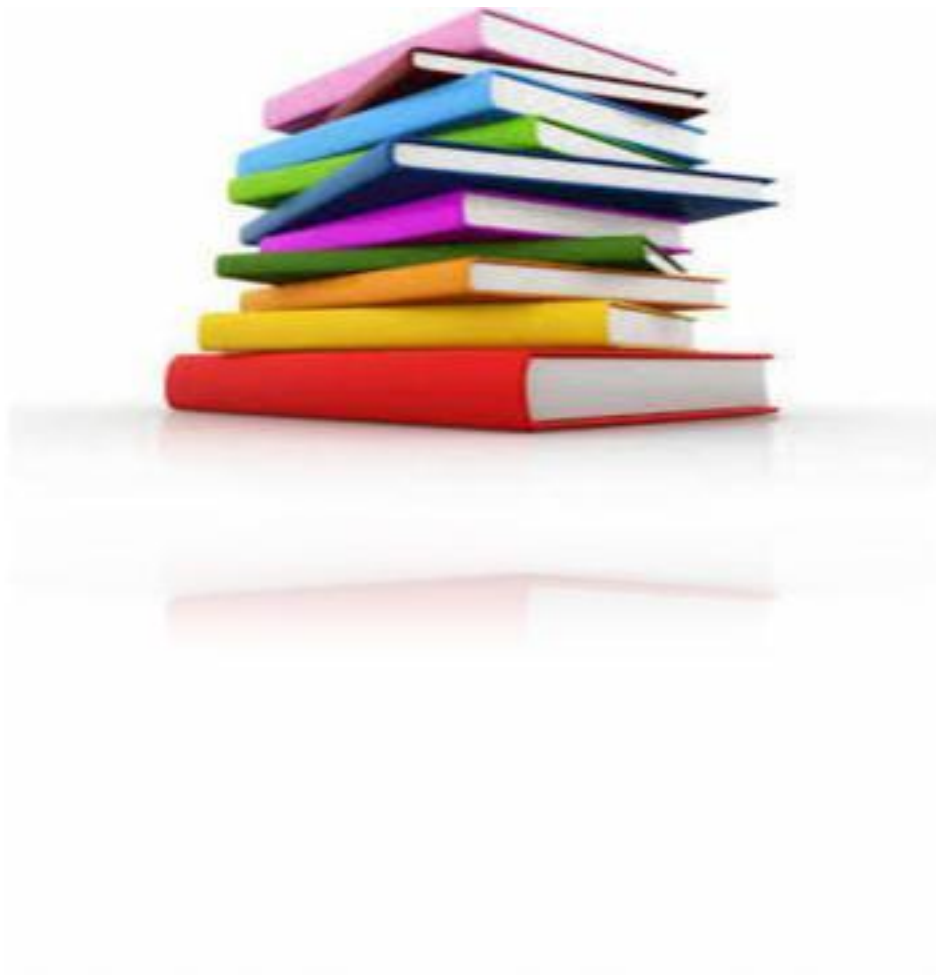


Diagramme résume les différentes analyses testées sur gombo (*Abelmoschus esculentus* L.).

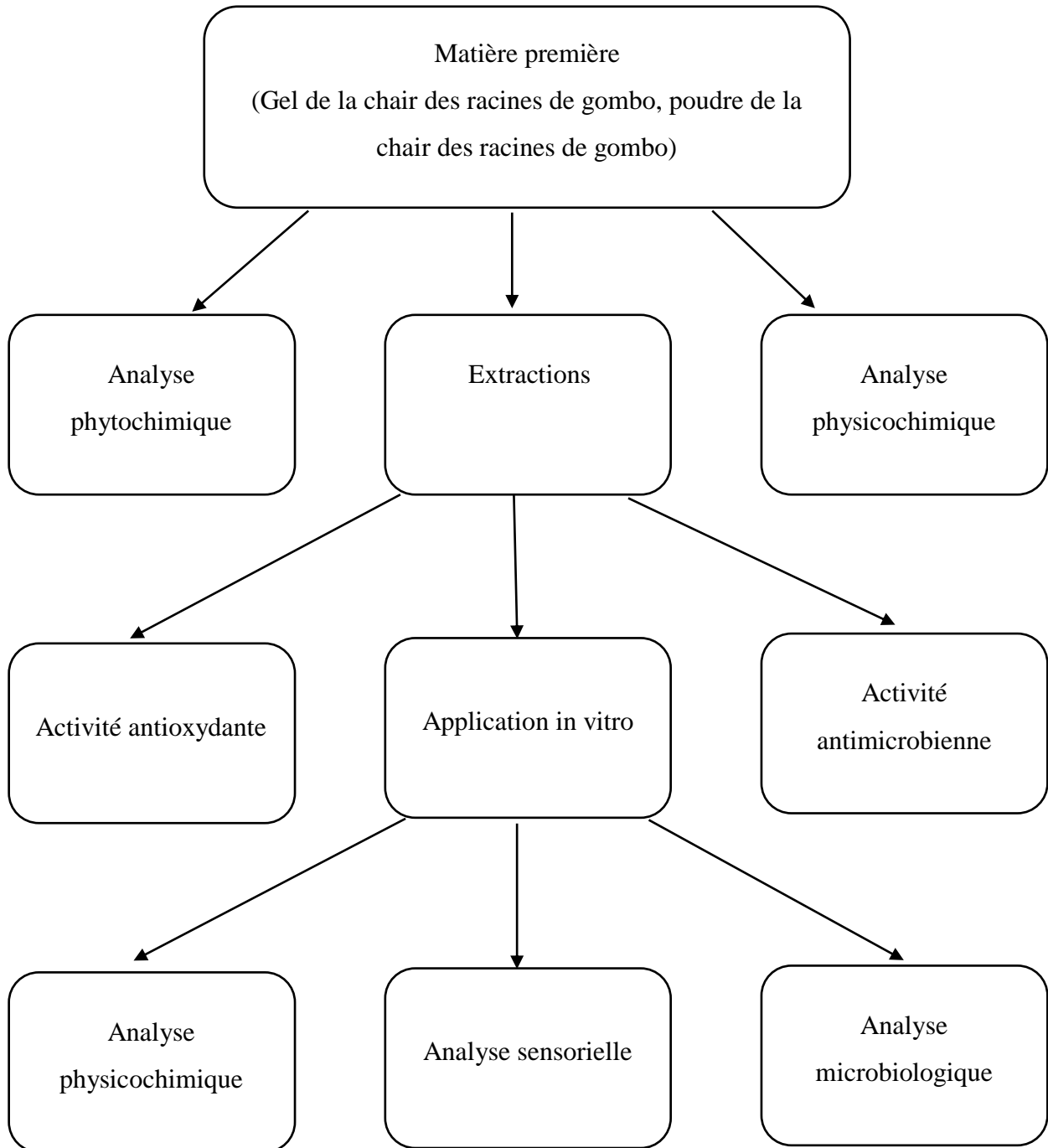


Figure 5: Différentes analyses testées sur gombo (*Abelmoschus esculentus* L.).

1. Matériel

1.1 Cadre de l'étude

Notre travail pratique a été réalisé au niveau des laboratoires communs (I) d'analyses physico-chimiques et au niveau du laboratoire de microbiologie de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, durant la période allant de mois de Mars jusqu'à Juin.

Le travail expérimental réalisé comprend les expériences suivantes :

- Évaluation de certains paramètres physico-chimiques et composés phytochimiques d'extrait de la chair de racines de gombo.
- Évaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne de cet extrait.
- Conservation de la sardine dans cet extrait au congélateur pendant un mois.
- Analyses sensorielles, microbiologiques et physico-chimiques de la sardine avant et après conservation.

1.2 Matériel végétal

Pour notre étude, nous avons utilisé le fruit et la racine du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) (Figure 6 « a et b »). Cette plante provient de la région Ghardaïa située à 600 Km au sud d'Alger. La période de récolte s'étale du début de l'été à la fin de l'automne 2021.

Les graines de lin, (*Linum usitatissimum* L.) appelées localement « Zaria'at el ketan » (Figure 6 « c ») ont été achetées auprès d'un herboriste de la ville de Tizi-Ouzou.



Figure 6:a) Aspect de racines de gombo, b) Aspect de fruit de gombo, c) Aspect de graines de lin.

1.3 Matériel biologique

La sardine commune (*Sardina pilchardus*) étudiée a été achetée au marché de la sardine de la région de Boumerdès mois de Mai 2022. Elle est originaire du port de Zemmouri-El-Bahri. Cette espèce présente une meilleure qualité dégustative en Algérie. Elle est capturée par les pêcheurs où l'absence de pollution du plateau continental d'Oued Isser, qui se situe entre Cap-Djinet à l'est et l'Ouest du port de pêche de Zemmouri-El-Bahri.

Les captures du port de Zemmouri-El-Bahri sont marquées par la prédominance des petits pélagiques due aux caractéristiques du bassin méditerranéen. La sardine présente les caractéristiques suivantes : dos bleu à bleu vert, flancs argentés à reflets dorés, ventre blanc argenté (Figure07).



Figure 7: Aspect de la sardine commune (*Sardina pilchardus*) originaire de port Zemmouri-El-Bahri (Boumerdès).

Afin d'évaluer l'effet antimicrobien des extraits phénoliques (aqueux et éthanoliques) de notre plante, différentes souches microbiennes de référence ont été testées comme cibles. Il s'agit de deux souches bactériennes (à Gram+ et à Gram -) à savoir *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Escherichia coli* 25922 ATCC. Elles ont été aimablement fournies par le laboratoire pédagogique commun de microbiologie de l'UMMTO.

2. Méthodes

2.1 Préparation d'extrait aqueux pur de la chair de racines de gombo

La chair des racines de gombo doit être bien lavée avant la préparation afin d'éliminer les résidus de la poussière.

La macération de la chair dans de l'eau chaude bouillante a été réalisée pendant 15 minutes. A la fin de la macération on obtient un liquide visqueux (mucilages) d'une couleur marron. La récupération du gel extrait se fait par filtration à l'aide d'une passoire. Le gel a été conservé dans un flacon stérile puis son pH a été ajusté à 6 suivis par un traitement de tyndallisation à 65°C

durant 2 heures. Le gel obtenu a été conservé au réfrigérateur jusqu'à l'utilisation ultérieure (Figure 08).



Figure 8: Aspect de gel des racines de gombo.

2.2 Préparation de la poudre de la chair de racines de gombo

Les racines de gombo récoltées sont épluchées et bien lavées. Les peaux ainsi obtenues sont séchées à l'étuve à 45°C. Une fois séchée, on procède à un broyage à l'aide d'un mixeur jusqu'à l'obtention d'une poudre. Cette poudre est conservée dans une boîte fermée hermétiquement à l'abri de l'air et l'humidité (Figure 09).

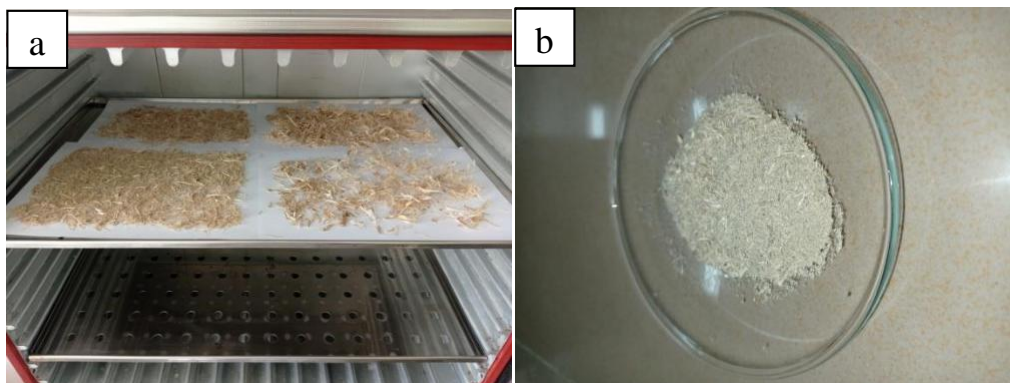


Figure 9: a) Chair de racines mise dans l'étuve à 45°C, b) Chair de racines de gombo en poudre.

2.3 Préparation de l'extrait aqueux pur de fruit de gombo

Le fruit de gombo (*Abelmoschus esculentus*) séché à l'air libre doit être bien lavé afin d'éliminer les résidus de la poussière.

La macération de fruit dans de l'eau chaude bouillante a été réalisée pendant 15 minutes.

À la fin de la macération on obtient un liquide visqueux (mucilages) d'une couleur marronne.

La récupération du gel de gombo se fait par filtration à l'aide d'une passoire. Le gel a été conservé dans un flacon stérile à 4°C au réfrigérateur jusqu'à son utilisation ultérieure.

2.4 Préparation de la poudre des graines de lin

Les graines ont été lavées puis séchées à l'air libre afin de débarrasser l'excès de l'humidité puis broyées à l'aide d'un broyeur électrique afin d'obtenir une poudre fine (**Figure 10**).



Figure 10 : Aspect de poudre des graines de lin.

2.5 Analyse phytochimique

Afin de mettre en évidence la présence ou l'absence de certains métabolites secondaires, un criblage phytochimique de l'extrait de la chair des racines de gombo (gel, infusé) a été réalisé selon les méthodes standards de screening photochimique (Dahou *et al.* 2003 ; Kumar *et al.* 2010).

Cette analyse est basée sur la formation de complexes insolubles (réaction de précipitation) ou sur la formation de complexes colorés (réaction de coloration).

2.5.1 Préparation de l'infusé

Mode opératoire

- 20 g de la poudre de la chair des racines de gombo sont macérés dans 100 ml d'eau distillée ;
- Le mélange est porté à l'ébullition pendant 15 min ;
- Le filtrat est ajusté à 100 ml d'eau distillée.

Remarque : Les tests qu'on a réalisés sur le gel de la chaire de racines sont identiques aux tests qu'on a effectués sur la poudre avec les mêmes quantités.

2.5.2 Recherche des anthocyanes

5 ml de l'infusé sont introduits dans un erlenmeyer, additionnés de quelques gouttes d'HCl.

Une réaction positive donne une coloration rouge en présence des anthocyanes.

2.5.3 Recherche des tanins

Quelques gouttes de la solution FeCl_3 (5%) sont ajoutées à 5 ml de l'infusé. Une coloration bleue noire de la solution identifie la présence des tannins.

2.5.4 Recherche des tanins galliques

5 ml du filtrat ont été saturés par l'acétate de sodium (CH_3COONa), puis additionnés de quelques gouttes de FeCl_3 . La réaction est dite positive lorsque la coloration bleu foncé apparaît.

2.5.5 Recherche des flavonoïdes

Introduite dans 5 ml de l'infusé, un copeau de Mg et 1 ml d'alcool iso butanol, la réaction est dite positive lorsque la coloration est rouge orange.

2.5.6 Recherche des saponosides

Dans deux tubes à essai fermés, mettez dans l'un 5 ml d'HCl, l'autre 5 ml de NaOH ; introduire dans chacun deux à trois gouttes de l'infusé, ensuite, effectuer une agitation verticale pendant 30 secondes et laisser reposer 15 min.

Une réaction positive est déterminée par la présence ou non d'une mousse persistante.

Deux cas sont possibles :

1^{er} cas : en présence des saponines stéroïdiennes, on obtient dans les tubes, le même volume de la mousse ;

2^{ème} cas : Si les racines contiennent des saponines triterpéniques, en milieu basique il y'aura formation d'une mousse quelquefois plus grande par stabilité et par volume.

2.5.7 Recherche des quinones libres

Ajouter 2 ml d'HCl (1N) et 20 ml de chloroforme dans 2 g de poudre végétale. Laisser le mélange pendant 3 heures. Après filtration, ajouter au filtrat 5 ml d'ammoniaque (1/2V : V).

La réaction est dite positive lorsque la coloration rouge violette apparaît.

2.5.8 Recherche des quinones combinées

5 ml d'H₂SO₄ sont additionnés à 2 g de la poudre de la chair des racines de gombo, le mélange obtenu a été chauffé à reflux pendant 2 heures puis filtré. Par la suite, 20 ml de chloroforme sont ajoutés au filtrat obtenu, puis la solution a été évaporée à sec, et reconstituée par l'ammoniaque. La réaction est dite positive lorsqu'une coloration rouge se manifeste.

2.5.9 Recherche des glucosides

Quelques gouttes d'H₂SO₄ ont été ajoutées à 2 g de la poudre de la chair des racines de gombo.

Une coloration rouge brique ensuite violette se manifeste en présence de glucosides.

2.5.10 Recherche des coumarines

20 ml du mélange (Ethanol : eau distillée V : V) sont ajoutés à 2 g de la poudre de la chair des racines de gombo. La suspension obtenue est bouillie pendant 15 min, puis filtrée et refroidit. L'ajout de 10 gouttes de la solution KOH (10%) à 3 ou 5 ml du filtrat et quelques gouttes d'HCl à 10% jusqu'à l'obtention d'un milieu fortement acide, cela identifie les coumarines. L'apparition d'un trouble indique la présence des coumarines.

2.5.11 Recherche des sennosides

Dans une fiole conique, on mélange 2,5 g de la poudre de la chair des racines de gombo plus 50 ml d'eau distillée plus 2 ml d'HCl concentré. Le mélange a été chauffé au bain-marie pendant 15 min. Une fois refroidit on additionne 40 ml d'éther.

La phase organique étherée a été séparée de la phase aqueuse et séchée en présence de sulfate de sodium anhydre (Na₂SO₄H₂O). Après on réalise une évaporation suivie d'un refroidissement du résidu qu'on lui ajoute 5 ml d'ammoniaque (1/2).

Les sennosides sont identifiés par une coloration jaune ou orange de la solution. Le chauffage de cette solution au bain-marie pendant 2 min donne une coloration violette rouge.

2.6 Analyses physico-chimiques de racines de gombo

2.6.1 Dosage de l'acidité

Le principe de cette méthode consiste en un titrage de l'extrait de racines avec une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (0,1N) en présence de phénophtaléine comme indicateur de couleur (NF V 05-101,1974).

Mode opératoire

- Peser 10 g de l'échantillon ;
- Placer l'échantillon dans une fiole conique, puis ajouter 70 ml d'eau distillée récrément bouillie et refroidie, puis mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène ;
- Chauffer le contenu au bain marie pendant 30 min ;
- Refroidir, transvaser quantitativement le contenu de la fiole conique dans une fiole jaugée de 100 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée, bien mélanger puis filtrer ;
- Additionner 10 ml du filtrat à 10ml d'eau distillée ;
- Ajouter trois gouttes de phénolphtaléine et tout en agitant, titrer avec de la solution d'hydroxyde de sodium 0,1N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

Expression des résultats

L'acidité titrable est calculée selon la formule suivante :

$$A(\%) = \frac{175 \times V1}{V0 \times M}$$

Soit :

M : masse prélevée en gramme ;

V₀ : volume en ml de la prise d'essai ;

V₁ : volume en ml de la solution NaOH à 0,1N.

2.6.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH a été déterminé à l'aide d'un pH mètre selon la méthode potentiométrique (NF V 05-108,1997).

Mode opératoire

- Peser 4 g de l'échantillon dans 100ml d'eau distillée chaude ;
- Broyer le mélange et laisser refroidir ;
- Etalonner le pH mètre en utilisant une solution tampon ;
- Prélever un volume V de l'échantillon suffisamment important pour permettre l'immersion de l'électrode ;
- Noter ensuite la valeur du pH.

2.6.3 Mesure d'Humidité (NF V 03-903)

Un séchage du gombo a été réalisé dans une étuve à $105 \pm 03^{\circ}\text{C}$ jusqu'à avoir un poids constant (Afnor, 1986).

Mode opératoire

- Peser les capsules en aluminium, tarer les capsules ;
- Peser dans chaque capsule 5 g de l'échantillon, et les placer dans l'étuve ;
- Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans un dessiccateur, après refroidissement, on les pèse.

Expression des résultats

L'humidité est déterminée selon la formule suivante :

$$H(\%) = \frac{M1 - M2}{P} \times 100$$

Soit :

H (%) : humidité

M₁ : masse de la capsule + la matière fraîche avant séchage en (g) ;

M₂ : masse de la capsule + la matière après séchage (g) ;

P : masse de la prise d'essai en (g).

$$\text{Matière sèche \%} = 100 - \text{H\%}$$

2.6.4 Dosage des sucres

Pour le dosage des sucres, deux catégories de sucres ont été mis en évidence à savoir : les sucres totaux et les sucres réducteurs (Dubois et *al.* 1956).

Mode opératoire

Avant de lancer les dosages, deux solutions Fehling A et B et les deux filtrats 1 et 2 de compositions suivantes ont été préparées :

Filtrat 1

- Peser 10 g de l'échantillon dans un bécher de 100 ml ;
- Ajouter 2,5 ml d'acétate de plomb ;
- Remplir jusqu'au 2/3 du volume de bécher avec l'eau distillée ;
- Agiter à plusieurs reprises et laisser reposer pendant 15 min ;
- Ajuster avec d'eau distillée à 100 ml ;
- Homogénéiser et filtrer sur un papier filtre et récupérer le filtrat.

Filtrat 2

- Prélever 50 ml du filtrat 1 et ajouter 5 ml d'HCl concentré
- Chauffer le mélange au bain marie à 70°C pendant 5 min ;
- Neutraliser avec NaOH (10N) en présence de phénolphtaléine à 1%.

2.6.4.1 Dosage des sucres totaux

Mode opératoire

- Prélever 5 ml de la solution Fehling A et 5 ml de la solution Fehling B ;
- Ajuster jusqu'à 100 ml avec l'eau de robinet ;
- Chauffer le contenu jusqu'à ébullition durant 2 min ;

- Titrer par le filtrat 2 obtenu jusqu'à la disparition de la couleur bleue ;
- Ajouter 2 gouttes de bleu de méthylène jusqu'à ce que la coloration bleue soit remplacée par une coloration marron cuivrée ;
- Noter le volume de filtrat (2) V_2 .

Expression des résultats

La quantité des sucres totaux dans la prise d'essai est donnée par la formule suivante :

$$ST = \frac{500}{V \times (V_2 - 0,05)} \times 10$$

Soit :

ST : quantité des sucres totaux (g/100 ml) ;

V : volume de la prise d'essai ;

V_2 : volume du filtrat (2) utilisé au titrage.

2.6.4.2 Dosage des sucres réducteurs

Mode opératoire

- Introduire 5ml de la solution Fehling A et 5 ml de la solution Fehling B dans un bécher de 500 ml ;
- Ajuster jusqu'à 100 ml avec l'eau de robinet ;
- Chauffer le contenu jusqu'à l'ébullition durant 2 min ;
- Titrer par le filtrat 1 jusqu'à ce que la teinte bleue disparaisse ;
- Ajouter 2 gouttes de bleu de méthylène et continuer le titrage jusqu'à ce que la coloration bleue devienne rouge brique ;
- Arrêter le titrage et noter le volume du filtrat 1 dépensé V_1 .

Expression des résultats

La quantité de sucres réducteurs estimée dans la prise d'essai est calculée selon la formule suivante :

$$SR = \frac{240}{V \times (V1 - 0.05)}$$

Soit :

SR : quantité des sucres réducteurs (g/100 ml) ;

V : volume de la prise d'essai (ml) ;

V₁ : volume du filtrat (1) utilisé au titrage.

2.7 Dosage des substances bioactives

2.7.1 Extraction et dosage des mucilages

Les mucilages de racines de gombo sont des polysaccharides qui gonflent en contact avec de l'eau.

Mode opératoire

- Peser 30 g de gel de la peau des racines de gombo ;
- Précipitation du gel avec 35ml d'éthanol ;
- Sécher à 40°C ;
- L'ajout de l'éthanol au gel va permettre la précipitation de mucilage (**Figure11 « a »**).

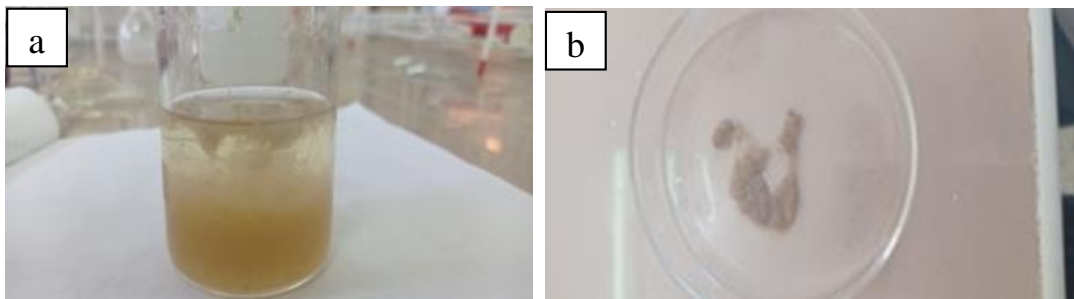


Figure11 : a) Méthode d'extraction de mucilage, b) Aspect de mucilage sec obtenu.

Calcul du rendement

Le mucilage séché à 40°C (**Figure11 « b »**) est pesé. Le rendement des mucilages est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rendement (\%)} = (\text{Mm}/\text{Mv}) \times 100$$

Mm : masse des mucilages obtenus(g).

Mv : masse de la matière végétale de départ(g).

2.7.2 Extraction et dosage des caroténoïdes

Les caroténoïdes ont été mesurés par une méthode colorimétrique à 450 nm, selon la méthode de Jourdan (2006).

Mode opératoire

- Dissoudre 1g de poudre végétale avec de l'acétone (25%) ;
- Filtrer le mélange à l'aide d'une passoire ;
- Mesurer la densité optique à 450 nm.

Courbe d'étalonnage des caroténoïdes

Mode opératoire

Préparation de la solution mère

- Peser 2 mg de carotène dans 10 ml d'éthanol ;
- Incuber 30 min à l'ombre ;
- Mesure de la densité optique à 450 nm.

Préparation des dilutions

Les valeurs de la gamme d'étalonnage des caroténoïdes sont représentées dans le Tableau XVI (**Annexe III**).

Les concentrations des caroténoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage (**Annexe III**) utilisant la solution mère de β -carotène et les résultats sont exprimés en mg/100g de matière sèche.

2.7.3 Dosage des flavonoïdes

La méthode trichlorure d'aluminium $ALCL_3$ (Kosalec et *al.* 2004) a été adoptée pour quantifier les flavonoïdes dans les différents extraits obtenus.

Mode opératoire

Le diagramme ci-dessous montre les différentes étapes respectées pour doser les flavonoïdes de racines de gombo.

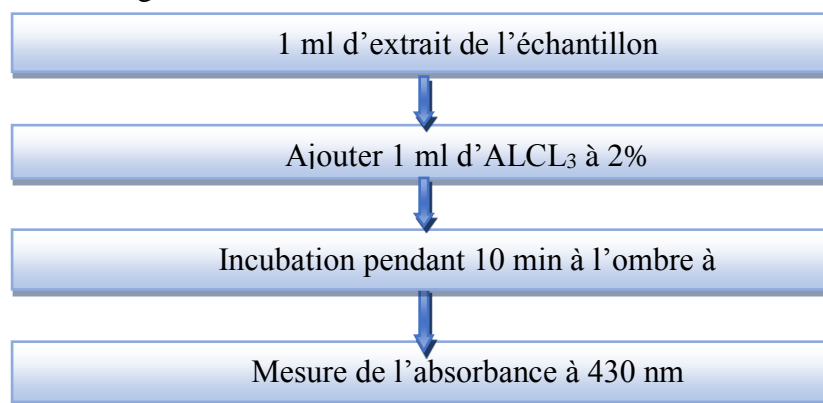


Figure 12 : Etapes de dosage des flavonoïdes (Kosalec et *al.* 2004).

Courbe d'étalonnage

La quantification des flavonoïdes a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire réalisée par la Quercétine à différentes concentrations (0,001-0,01 mg /ml) dans les mêmes conditions que l'échantillon (**Annexe III**).

Expression des résultats

La teneur en flavonoïdes est exprimée en milligramme d'équivalent de quercétine par gramme de poids sec de l'extrait.

2.8 Activité antioxydante

L'activité antioxydante d'un composé correspond à sa capacité à résister à l'oxydation. Cette capacité peut être évalué à l'aide d'une méthode colorimétrique en utilisant des radicaux de substitution tels que le radical 1,1-diphényl-2 picrylhydrazyl appelé DPPH•, ainsi de nombreuses méthodes sont utilisées actuellement pour évaluer cette activité (Bentabet et *al.*2014).

2.8.1 Principe de piégeage du radical libre DPPH

Le radical DPPH a été largement utilisé pour l'étude de l'activité antiradicalaire des différents extraits végétaux. Le composé chimique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl fut l'un des premiers radicaux libres utilisés pour étudier la relation structure-activité antioxydante des composés phénoliques. Il possède un électron non apparié sur un atome du pont d'azote. La réduction de ce radical s'accompagne par son passage de la couleur violette caractéristique de la solution de DPPH à la couleur jaune mesurable par spectrophotométrie à 517nm après une période d'incubation de 30 minutes à l'abri de la lumière et de l'oxygène atmosphérique, et à la température du laboratoire.

Les expériences sont réalisées en 3 répétitions successives. A partir des valeurs obtenues, nous avons calculé les pourcentages d'inhibition (de piégeage des radicaux libres DPPH) en utilisant la formule suivante (Bentabet et *al.*2014).

$$PI = [(A_{bl} - A_{ext})/A_{bl}] \times 100$$

Soit

PI : Pourcentage d'Inhibition ou pourcentage de piégeage ;

A_{bl} : Absorbance du blanc (solution du DPPH sans extrait) ;

A_{ext} : Absorbance de l'extrait.

2.8.2 Préparation des extraits

L'ensemble des extraits préparés à base de la poudre de racines de gombo et ses mucilages ont été soumis au test de DPPH afin d'évaluer leurs activités antioxydantes (**Tableau V**).

Tableau V : Extraits utilisés dans le test de DPPH.

Extraits aqueux	0,25 g de la poudre de la chair de racines de gombo dans 10 ml d'eau distillée.
	0,25 g de mucilage de la chair de racines de gombo dans 10 ml d'eau distillée
Extraits éthanoliques	0,25 g de la poudre de la chair de racines de gombo dans 10 ml d'éthanol
	0,25 g de mucilage de la chair de racines de gombo dans 10 ml d'éthanol
Extrait aqueux pur (gel)	Mucilage de la chair de racine de gombo

2.8.3 Préparation du réactif DPPH

- Mélanger 80 ml de méthanol avec 20 ml d'eau distillée.
- Ajouter 0,004 g du réactif DPPH,
- Agiter et couvrir avec le papier aluminium.

Mode opératoire

- Ajouter 0,1 ml de chaque extrait dans 2,9 ml de DPPH préparé.
- Incuber à l'obscurité pendant 30 min.
- Mesurer la densité optique à 517 nm.

Le protocole du test DPPH est présenté dans la figure 13.

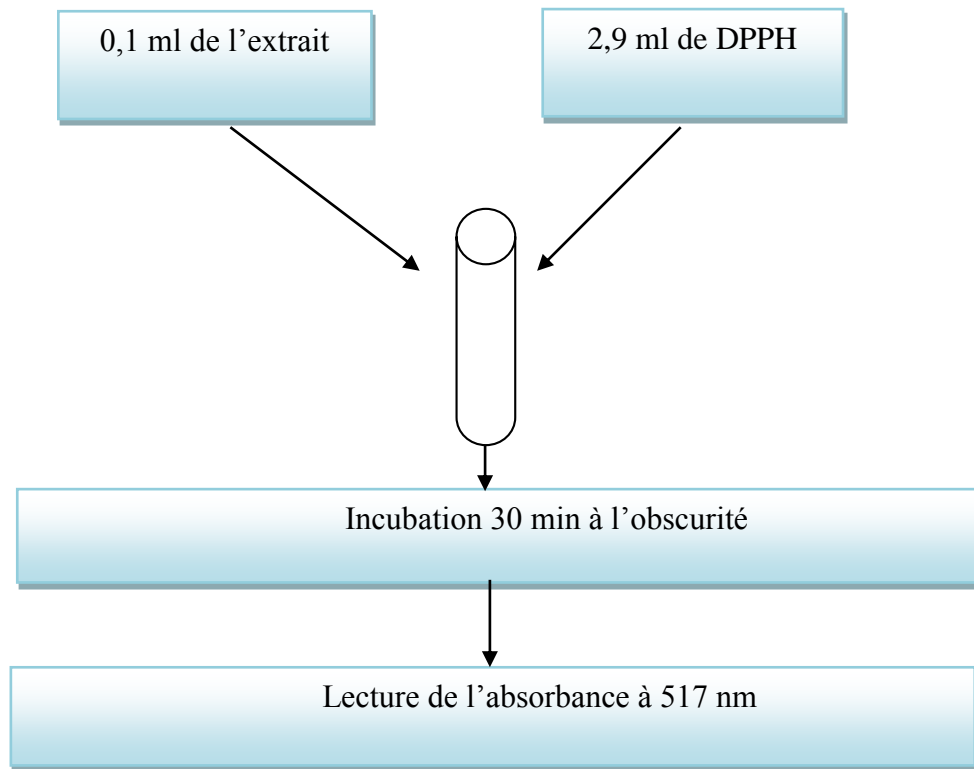


Figure 13 : Protocole de test du DPPH (Kim *et al.* 2002).

2.9 Activité antimicrobienne

L'évaluation de l'activité antibactérienne de nos extraits (extrait aqueux, extrait éthanolique, extrait pure (Gel) a été effectuée sur deux souches bactériennes de référence : *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Escherichia coli* 25922 ATCC.

2.9.1 Principe

L'activité antibactérienne des extraits de la chair de racines de gombo présentés dans le tableau dessous a été effectuée par la méthode de diffusion sur gélose qui a le même principe que l'antibiogramme. L'activité antimicrobienne a été évaluée en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition produite autour des disques après la durée d'incubation à la température du germe testé.

2.9.2 Milieux de culture

Le milieu de culture utilisé pour le repiquage des bactéries et pour réaliser l'antibiogramme est la gélose Muller Hinton (MH).

2.9.3 Préparation des extraits

Les extraits utilisés dans le test de l'activité antimicrobienne sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau VI: Extraits utilisés dans l'activité antimicrobienne.

Extrait aqueux	Macérer 0,25 g de la poudre de la chair de racines de gombo dans 10 ml d'eau distillée pendant 72 h à 04°C.
	Macérer 0,0812 g de poudre de mucilage dans 04ml d'eau distillée pendant 72h à 04°C.
Extrait éthanolique	Macérer 0,25 g de la poudre de la chair de racines de gombo dans 10 ml d'éthanol pendant 72 h à 04°C.
Extrait aqueux pur	Gel de la chair de gombo.

2.9.4 Préparation des disques

Des disques de papier Wattman de 6mm de diamètre ont été préparés et mis dans un tube à essai pour les stériliser dans un autoclave et les garder le jusqu'à l'utilisation.

2.9.5 Préparation des prés cultures

Les souches bactériennes à tester (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Escherichia coli* 25922 ATCC) ont été cultivées dans des boîtes Pétri contenant de la gélose Muller Hinton et incubées pendant 18 à 20 h à 37°C.

2.9.6 Standardisation des cultures bactériennes

A l'aide d'une pipette Pasteur, nous avons prélevé quelques colonies de chaque souche pré cultivée, bien isolées et parfaitement identiques et ont été mises dans 10 ml d'eau physiologique stérile. La suspension bactérienne est bien homogénéisée. La densité optique de chaque suspension a été mesurée à une longueur d'onde de 620 nm, l'absorbance doit être comprise entre 0,08 et 0,1 selon Benhammou et *al.* (2008).

2.9.7 Mise en évidence de l'activité antibactérienne par la méthode des disques

La méthode de diffusion à partir d'un disque a été utilisée pour mettre en évidence l'activité antimicrobienne (Benjelali et *al.* 1986).

Mode opératoire

- La gélose Muller -Hinton stérile a été coulée dans des boîtes de Pétri de 90mm de diamètre jusqu'à une épaisseur de 4 mm puis laissées refroidir.
- Ensemencement des boîtes de MH par des souches bactériennes isolées (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Escherichia coli* 25922 ATCC par écouvillonnage : verser la suspension bactérienne dans le tube d'un écouvillon puis tremper l'écouvillon stérile et sec dans la suspension bactérienne et l'essorer en le pressant fermement contre la paroi interne du tube, afin de le décharger au maximum.
- Frotter l'écouvillon sur la totalité de la surface gélose Mueller Hinton de haut en bas en stries serrées.
- Répéter l'opération trois fois, en tournant la boîte de 60° à chaque fois de telle sorte à assurer une distribution homogène des bactéries.
- A l'aide d'une pince stérile, les disques de papier Wattman de 6mm ont été déposés à la surface de la gélose puis les imbiber de 20 µl de chaque extrait (l'extrait aqueux, éthanolique et extrait pure : mucilages de gombo).
- Appliquer un disque d'antibiotique à l'aide d'une pince stérile dans chaque boîte de Pétri
- Les boîtes ont été incubées dans une étuve de 37°C pendant 18 à 20 h.

L'activité antimicrobienne est déterminée en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition produite autour des disques après la durée d'incubation à la température du germe testé.

Lecture

La lecture se fait par la mesure des diamètres des zones d'inhibitions et peut être symbolisée par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis de l'extrait (Ponce et *al.* 2003) le tableau suivant représente les interprétations des diamètres des zones d'inhibition.

Tableau VII : Interprétation des diamètres des zones d'inhibition (Ponce et *al.*, 2003).

Activité antimicrobienne	Diamètre de zone d'inhibition
Souche non sensible (-) ou résistante	Diamètre < à 0,8 cm
Souche sensible (+)	Diamètre compris entre 0,9 et 1,4 cm
Souche très sensible (++)	Diamètre compris entre 1,5 et 1,9 cm
Souche extrêmement sensible (++++)	Diamètre > à 2,0 cm

2.10 Application in vitro

2.10.1 Préparation préliminaire de la sardine

Immédiatement à l'arrivée de poissons à la maison, des opérations préliminaires sont adoptées aux poissons à savoir : l'éviscération, l'étêtage et lavage des poissons.

Par la suite, les poissons lavés sont immergés dans une saumure de NaCl (210g/l) puis, stockés au réfrigérateur à 4°C pendant 16h (**Figure14**).



Figure14 : Immersion des poissons dans la saumure de NaCl (210g/l).

2.10.2 Méthode de conservation de poisson

La méthode de conservation a été appliquée aux poissons pré transformés.

En effet, après 16h de stockage à 4°C, les poissons ont été subdivisés en quatre échantillons soumis à des étapes ultérieures de conservation citant l'enrobage avec les différentes matrices, stockage au froid (congélation).

Les étapes respectées pour la méthode sont résumées dans le diagramme suivant.

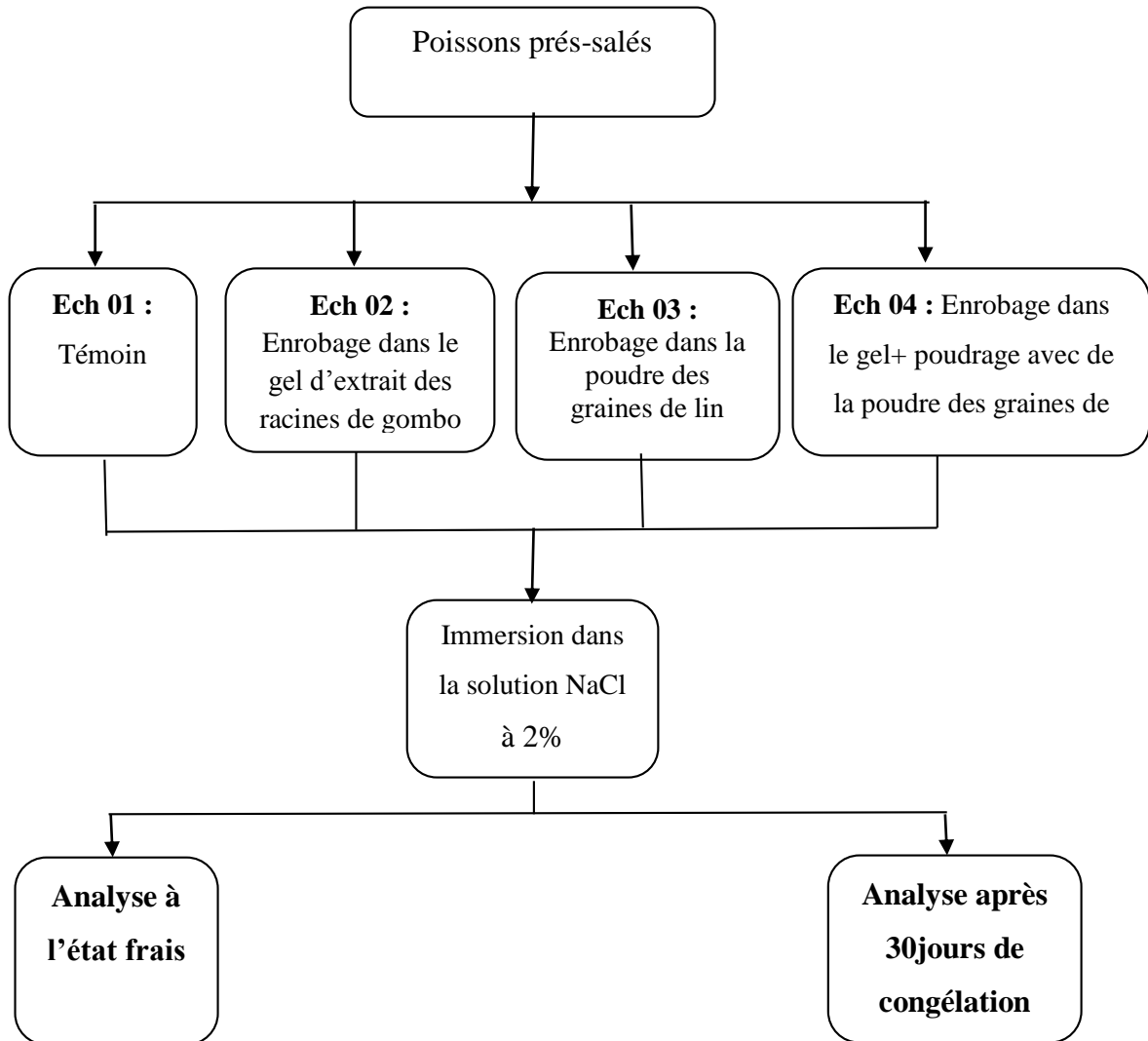


Figure 15 : Diagramme des étapes respectées pour les poissons.

Tableau VIII: Etapes de l'expérience.

Echantillon	Poissons →	Immersion dans les matrices →	Immersion dans la saumure à 2%
Ech 1 : Témoin		 Témoin	
Ech 2 : Gel des racines de gombo		 Gel des racines de gombo	
Ech 3 : Poudre des graines de lin		 Poudre des graines de lin	
Ech 4 : Gel des racines de gombo+ poudre des graines de lin		 Gel des racines de gombo + poudre des graines de lin	

2.10.3 Analyses physico-chimiques des poissons

Quelques analyses physico-chimiques (le pH, l'acidité titrable) ont été réalisées sur les poissons initialement juste avant d'appliquer la méthode de conservation et après 30 jours de stockage aux froids.

2.10.3.1 Détermination de l'acidité titrable (NF 0101,1974)

Le principe de cette méthode consiste en un titrage de l'acidité avec une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (0.1N) en présence de phénophtaléine comme indicateur de couleur.

Mode opératoire

- Peser 10 g de chaque échantillon (poisson) broyé dans un mortier.
- Placer l'échantillon dans une fiole conique, puis on ajoute 70 ml d'eau distillée récrément bouillie et refroidie, puis on mélange le tout jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène ;
- Chauffer le contenu au bain marie pendant 30 min ;
- Refroidir, transvaser quantitativement le contenu de la fiole conique dans une fiole jaugée de 100ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée, bien mélanger puis filtrer ;
- Prélever 10ml du filtrat dans 10 ml d'eau distillée ;
- Ajouter trois gouttes de phénolphtaléine et tout en agitant, titrer avec de la solution d'hydroxyde de sodium 0,1N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

Expression des résultats

$$A(\%) = \frac{175 \times V1}{V0 \times M}$$

L'acidité titrable est calculée par la formule suivante :

Soit :

M : masse prélevée en gramme ;

V0 : volume en ml de la prise d'essai

V1 : volume en ml de la solution NaOH à 0,1N

2.10.4 Analyses microbiologiques

2.10.4.1 Préparation de la suspension mère

Ces étapes sont réalisées entre deux becs bunsen afin de garantir une zone stérile plus large. Les échantillons destinés aux analyses bactériologiques sont préparés en homogénéisant 10 g de poisson (pour chaque échantillon) prélevé avec du matériel stérile puis écrasé dans 90mL de TSE, à l'aide d'un mortier. La solution au 1/10ème (10^{-1}) préparée est dite suspension mère, on laisse cette dernière à température ambiante pendant 2h pour permettre la revivification des germes. Cette dernière est alors utilisée pour préparer des dilutions décimales successives à partir desquelles les milieux de cultures serontensemencés.

2.10.4.2 Préparation des dilutions décimales

Dans des conditions d'asepsie, tout en respectant la recommandation de JORA n° 70 du 7 novembre 2004, on prélève aseptiquement à partir de la dilution mère (10^{-1}) 1ml qu'on introduit dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, on obtient ainsi la dilution (10^{-2}) et on répète la même procédure pour la dilution (10^{-3}) à partir de la dilution (10^{-2}) jusqu'à la dilution (10^{-5}).

2.10.4.3 Recherche et dénombrement des coliformes thermotolérants (fécaux)

Les coliformes thermotolérants fécaux sont des bactéries à Gram négatif, en forme de bâtonnet, sporulées, anaérobies facultatifs, produisant des colonies bleues en moins de 24 heures à 44,5°C dans un milieu contenant le lactose (Québec, 2014).

Les principaux genres inclus dans le groupe sont : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* (Elmund et al. 1999).

Les bactéries coliformes sont des indicateurs de contamination fécale et de conditions générales non sanitaires des produits alimentaires. Leur recherche et leur dénombrement permettent une estimation du degré de contamination fécale.

Leur culture se fait en profondeur. A partir de la dilution mère, on prélève aseptiquement deux fois un millilitre, qu'on verse dans deux boîtes de Pétri vides portant le numéro de la dilution correspondante.

On complète les boîtes avec environ 15 ml de gélose VRBL préalablement fondue à 100 °C et refroidie à 45 °C. Après homogénéisation du mélange et solidification, les boîtes seront incubées à 44°C, pendant 48h suivie d'une lecture.

2.10.4.4 Recherche des salmonelles

Les salmonelles sont Entérobactérie Bacilles à Gram négatif, Mobile (ciliature péritriche), aéro-anaérobie facultatif, Oxydase⁻, Fermentative du glucose, Lactose⁻. Elles sont responsables de toxi-infection alimentaire.

La recherche des salmonelles se fait en suivant ces étapes :

- **Enrichissement** : Un volume de 10 ml de la solution mère a été introduit dans des tubes à essai contenant 10 ml de SFB. L'incubation a été effectuée à 37°C pendant 24 heures.
- **Isolement** : À l'aide d'une anse à boucle on prélève un volume de 0,1 ml de contenant des tubes positifs puis on l'ensemence à la surface des boîtes de Pétri préalablement coulées par le milieu SS. L'incubation a été effectuée à 37°C pendant 24 heures.

Dans certains cas, un éventuel test de confirmation (galerie biochimique).

2.10.4.5 Recherche des germes psychrophiles

La conservation de certains aliments au froid aboutit à une sélection des germes psychrophiles capables de se multiplier à des températures égales ou inférieures à 4°C. Ils sont recherchés en vue d'apprécier leur nombre et leur évolution lors de la conservation à basse température. La mise en évidence de cette flore est fréquemment significative d'une activité protéolytique et lipolytique.

Leur culture se fait en profondeur. A partir de la dilution mère, on prélève aseptiquement deux fois un millilitre, qu'on verse dans deux boîtes de Pétri vide portant le numéro de la dilution correspondante.

On complète les boîtes avec environ 15 ml de gélose PCA préalablement fondue à 100 °C et refroidie à 45 °C. Après homogénéisation du mélange et solidification, les boîtes seront incubées à 4°C pendant 10 jours, suivie d'une lecture.

Toutes les colonies sont dénombrées sur les boîtes qui contiennent de 30 à 300 colonies et les résultats par dilution dénombrée sont reportés la formule suivante permet le calcul des microorganismes par gram.

$$N = \frac{\Sigma c}{V.(n1 + 0.1 \times n2)} \times 1/d$$

Soit :

Σc : somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues.

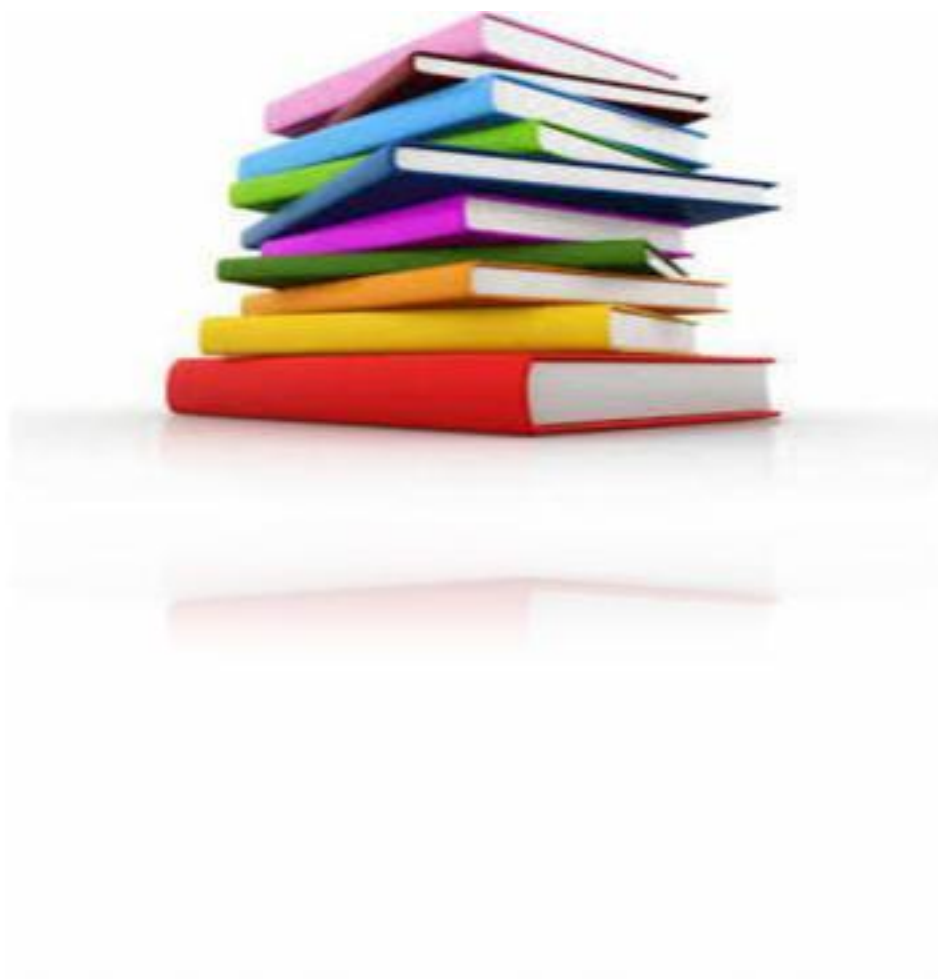
$n1$: nombre de boîtes retenues à la première dilution.

$n2$: nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution.

d : taux de dilution de la première dilution.

v : volume de l'inoculum.

PARTIE 03 : Résultats et Discussion



1. Résultats d'analyse phytochimique d'extraits de la chair et les racines de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.)

Les résultats des tests réalisés sur l'infusion des racines et le gel de la chair racinaire de gombo sont regroupés dans le Tableau IX.

Nous remarquons d'après ce tableau que, l'infusion et le gel de la chair des racines de gombo possèdent les mêmes composés phytochimiques à savoir les tanins galliques, les glucosides et les coumarines. Cependant, les flavonoïdes, les anthocyanes, les tanins condensés, les saponosides, les sennosides, et les quinones libres et combinées sont absents. Mêmes résultats sont signalés par Dembele et *al.* (2021), à l'exception des saponosides qui sont présents dans leur échantillon.

La richesse des échantillons en ces composés chimiques pourrait justifier les nombreux usages traditionnels, l'isolement de molécules cibles comme principes actifs et de confirmer les activités pharmacologiques démontrées de la plante par les travaux antérieurs.

Tableau IX : Résultats d'analyse phytochimique de l'infusion des racines et du gel de la chair racinaire d'*Abelmoschus esculentus* L.

Substances phytochimiques	Résultats de l'infusion des racines	Résultats du gel de la chair racinaire
Anthocyanes	-	-
Tanins condensés	-	-
Tanins galliques	+	+
Flavonoïdes	-	-
Saponosides	-	-
Quinones libres	-	-
Quinones combines	-	-
Glucosides	+++	+++
Coumarines	+++	+++
Sennosides	-	-

(-) Absence, (+) Présence, (+++) présence plus importante.

2. Résultats d'analyses physico-chimiques des racines et du gel de la chair racinaire d'*Abelmoschus esculentus* L.

Les résultats d'analyses de quelques paramètres physico-chimiques des racines et du gel à base de la chair racinaire d'*Abelmoschus esculentus* L sont présentés dans le tableau XI.

Tableau X: Résultats des paramètres physico-chimiques des racines et du gel de la chair racinaire de gombo.

Paramètres	Racines de gombo	Gel de la chair racinaire de gombo
Acidité (%)	9,625±0,07	5,1±0,15
pH	7,65±0,15	8,75±0,05
Humidité (%)	10±0	
Sucres (g /l)	Absence des sucres totaux et réducteurs	Absence des sucres totaux et réducteurs

Les résultats du tableau X révèlent que, le gel extrait de la chair racinaire de gombo présente une acidité faible par rapport à la poudre de ses racines. Ceci est confirmé par l'analyse du pH qui démontre que, le gel extrait de la chair racinaire de gombo présente un pH alcalin 8,75±0,05 par contre celui de la poudre des racines est légèrement alcalin pH 7,65±0,15.

Ces valeurs sont proches à celle du pH de la peau qui varie de 4 à 7 (Tamayol et al. 2016). En comparant nos résultats par rapport à ceux présentés par d'Alipio, (2021), analysant le gel du fruit de gombo, qui a démontré que ce gel a un pH similaire à celui de la peau. Ce gel a été utilisé comme alternative pour remplacer le gel acoustique utilisé contre les allergies cutanées qui pourraient survenir lors de tout examen échographique.

Il serait intéressant d'utiliser le gel de la chair racinaire de gombo dans diverses applications en médecine traditionnelle telle que le traitement de la syphilis, ainsi le jus des racines a été utilisé en usage externe pour traiter les coupures, les plaies et les furoncles, sans provoquer aucune irritation allergique (Kumar et al. 2013).

La chair racinaire de gombo est plus au moins humide (10±0). Cette valeur est similaire à celle trouvée par Haidara et al. (2022), analysant la poudre racinaire d'*Entada africana*.

Nous savons que, l'humidité est un facteur important à contrôler dans la conservation des aliments et poudres. Une humidité inférieure à cette valeur, empêche le développement des

bactéries, des levures ou des champignons pendant le stockage et le non destruction du principe actif (chanda, 2014). Par conséquent, la plupart des matières premières pharmaceutiques doivent être séchées pour réduire l'humidité à un niveau optimal compris entre 2 et 4 % (Bakre et al 2009).

Nous expliquons l'absence des sucres dans les racines de gombo analysées à la salinité du sol de culture. En effet, une accumulation des sucres au niveau des racines est liée à la concentration de sel NaCl qui doit être inférieure à 50 mM (Achour et al. 2015).

D'autres facteurs peuvent influencer la variation de la composition en métabolites pendant le développement de la plante comme les conditions climatiques dures (température élevée, exposition solaire, sécheresse) (Falleh et al. 2008).

3. Résultats du dosage des substances bioactives des racines et du gel de la chair racinaire de gombo

Les résultats des substances bioactives sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau XI: Résultats des concentrations des substances bioactives des racines et du gel de la chair de racines de gombo.

Résultats	Flavonoïdes (mg EQ /g d'extrait aqueux)		Caroténoïdes (mg EC/g d'extrait aqueux)		Mucilage (%)	
	Racines	Gel de la chair des racines	Racines	Gel de la chair des racines	Racines	Fruit
Rendement	3,022 ±0,1	3,235 ±0,063	182,9±0,01	72,9 ±0,1	0,33	3,2

Les résultats obtenus exposent une variation des teneurs en caroténoïdes, en flavonoïdes et en mucilages dans les extraits étudiés. L'extrait aqueux des racines de gombo présente une teneur élevée en caroténoïdes (182,9±0,01 mg EC/g d'extrait) en comparaison avec le gel de la chair racinaires (72,9±0,1 mg EC/g d'extrait). Les flavonoïdes sont présents à des concentrations similaires dans l'extrait aqueux des racines (3,022±0,1 mg EQ /g d'extrait) et le gel de la chair des racines de gombo (3,235±0,063 mg EQ /g d'extrait).

Le fruit du gombo présente un rendement supérieur en mucilage (3,2%) en comparaison avec la chair racinaire de gombo (0,33%) (**Annexe II**).

Selon Gemedé et al. (2014), les substances mucilagineuses sont généralement concentrées dans les parois de fruit de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.). Le rendement obtenu en mucilage est presque similaire à celui enregistré par Cotrim et al. (2016) (2,76%) analysant le fruit de gombo de la même espèce.

Nous expliquons la différence de concentrations en substances bioactives (flavonoïdes, caroténoïdes et mucilage) dans les extraits analysés par les conditions d'extraction (température). En effet, l'extrait de la chair racinaire de gombo a été obtenu par macération dans l'eau distillée chaude.

D'autres facteurs peuvent influencer la quantité des composés phénoliques de gombo tels que l'origine (Ebrahimzadeh et al. 2008), la variété, la saison de culture, la saison de récolte, les conditions climatiques et environnementales, la localisation géographique, les différentes maladies qui peuvent affecter la plante, le degré de maturité (Park et Cha, 2003) et la durée de conservation.

Ces extraits peuvent être utilisés dans plusieurs domaines d'application : médecine traditionnelle, technologie alimentaire et pharmaceutique.

4. Résultats de l'activité antioxydante

Les résultats de la capacité des extraits testés à réduire le radical libre DPPH sont présentés dans le tableau suivant (moyenne des 3 essais) et par la figure ci-dessous.

TableauXII: Valeur des % d'inhibition du DPPH par les différents extraits de la chair des racines de gombo.

Type d'extraits	Extrait éthanolique de la poudre de la chair de racines	Extrait aqueux de la poudre de la chair de racines	Mucilages pur (gel de la chair de racines)	Extrait aqueux de la poudre de mucilage	Extrait éthanolique de la poudre de mucilage
(%) d'inhibition du DPPH	54±0,14	16±0,14	2±0,15	19±0,14	17±0,02



Figure16 : Résultats du test de réduction de radical libre DPPH par les extraits de gombo.

Nous remarquons de ce tableau que l'extrait éthanolique de la chair racinaire présente une activité antiradicalaire intéressante avec un pourcentage d'inhibition de $54 \pm 0,14\%$. Cette activité est liée à la richesse en substances antioxydantes (flavonoïdes, caroténoïdes) de la chair racinaire d'*Abelmoschus esculentus* L.

Les deux extraits (aqueux et éthanolique) préparés à base de la poudre de mucilage présentent de faibles pourcentages d'inhibition ($19 \pm 0,14\%$, $17 \pm 0,02\%$ respectivement). En outre, le gel de la chair racinaire de gombo enregistre un faible pourcentage d'inhibition ($2 \pm 0,15\%$).

Les résultats obtenus par Babu, (2016) analysant l'activité antioxydante de fruit de gombo a montré un pouvoir antioxydant considérable pour l'extrait aqueux, ainsi que pour l'extrait éthanolique avec des pourcentages d'inhibition qui atteignent $80,2\%$ et $90,6\%$, respectivement.

Selon la composition nutritionnelle et les composés phytochimiques d'*Abelmoschus esculentus* contient un certain nombre de vitamines antioxydantes (par exemple, les vitamines A, C et E). De plus, elle contient également des huiles essentielles, des composés phénoliques et des glycosides antioxydants dans ses différentes parties (Torekul, 2018).

Cette activité antioxydante justifie l'utilisation traditionnelle de la chair des racines de gombo dans le traitement de nombreuses affections liées au stress oxydatif.

5. Résultats de l'activité antimicrobienne

Les résultats de l'activité antimicrobienne montrent que les souches bactériennes *Escherichia coli* 25922 ATCC, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, testées sont résistantes vis-à-vis les extraits (aqueux, éthanoliques et pure) de la chair racinaire de gombo (aucune zone d'inhibition n'a été observée). Tandis que, les antibiotiques utilisés se sont révélés très efficaces avec des diamètres d'inhibition variables. L'eau distillée n'a exercé aucune activité inhibitrice mais le témoin (éthanol) a un effet inhibiteur avec un diamètre d'inhibition qui présente la moyenne des 3 essais ($\Phi = 17,6 \pm 0,17$ mm ; $\Phi = 13 \pm 0,04$ mm) respectivement contre *Escherichia coli* 25922 ATCC, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 testées (**Annexe IV**).

Parfois la résistance de certaines souches n'est pas liée à la nature des substances d'extrait mais par conséquent est due à la nature de leurs membranes externes (imperméable à la plupart des agents biocides) (Faucher et Avril, 2002).

6. Résultats de la conservation de la sardine commune (*Sardina pilchardus*)

6.1 Résultats d'analyses physico-chimiques de la sardine commune

Les résultats de pH de la sardine commune conservée dans les différentes matrices (gel de la chair de racines de gombo, poudre de grain de lin, gel la chair de racines de gombo + poudre des graines de lin) à l'état frais et après 30 jours de congélation sont présentés dans la figure 17.

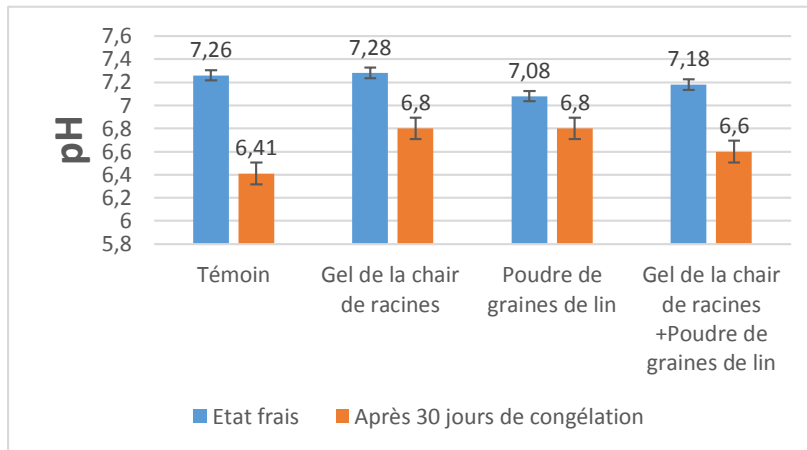


Figure17 : Evolution du pH des poissons à T0 (l'état frais) et après 30 jours de conservation au froid (congélation) dans les différentes matrices.

Nous remarquons d'après la figure 17 que, les sardines conservées dans les différentes matrices (gel de la chair de racines, poudre de graine de lin, gel de la chair de racines + poudre de grain de lin) et le témoin à l'état initial ou après 30 jours de congélation présentent des valeurs de pH acceptables qui varient entre 6,41 et 7,28. Généralement, le pH des poissons augmente après la période rigor-mortis. Les poissons seraient altérés à partir de 6,9 à 7,2 (Saādoune, 2005).

Le pH de l'ensemble des échantillons de la sardine conservée dans les trois matrices et l'échantillon témoin a diminué durant la période de congélation. Nous expliquons cette diminution d'une part par la nature des matrices utilisées (ayant un pH acide après l'ajustement à 6 « gel ») et l'immersion préliminaire de la sardine dans la saumure.

En effet, l'immersion de la sardine dans le chlorure de sodium suivie par l'enrobage par les matrices impliquant une diminution de l'Aw ce qui favorise une meilleure conservation pendant les 16h au réfrigérateur et pendant la durée de congélation.

Une étude similaire a été réalisée par Taazibt et Yakoub. (2017), ont démontré qu'une forte diminution des valeurs de pH a été enregistrée chez les échantillons de la sardine stockés au réfrigérateur en comparaison à ceux stockés au congélateur. En comparant nos résultats avec ceux signalés par ces auteurs nous pouvons affirmer l'influence de salage, les matrices testées, la technique de conservation et les conditions préliminaires de traitement sur le pH du poisson et donc sur sa qualité nutritionnelle, par leurs capacités de ralentir l'activité

enzymatique pendant les 30 jours de conservation.

Les résultats d'acidité de la sardine commune conservée dans les différentes matrices (gel de la chair de racines de gombo, poudre des graines de lin, gel la chair de racines de gombo + poudre des graines de lin) et le témoin à l'état frais et après 30 jours de congélation sont présentés dans la figure 18.

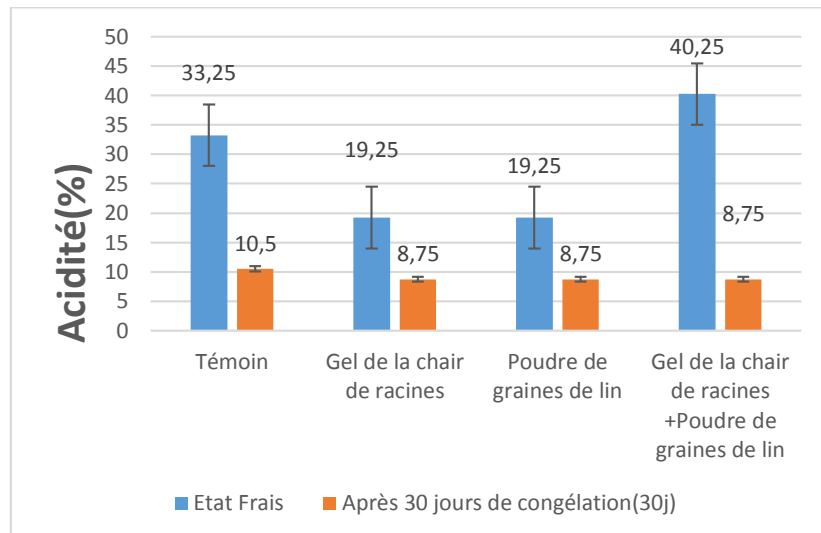


Figure18 : Evolution de l'acidité des poissons à T0 (état Frais) et après 30 jours de conservation au froid (congélation) dans les différentes matrices.

Nous remarquons d'après la figure 18 que la sardine conservée dans les différentes matrices testées, et le témoin possèdent une acidité moyenne varie entre (19,25% et 40,25%), une diminution progressive de l'acidité a été constatée pour toutes les matrices testées et le témoin avec une acidité qui varie de 8,75 à 10,5 durant la période de congélation, cela justifier par l'effet conservateur des 3 matrices testées, et à l'étape d'immersion préliminaire de la sardine dans la saumure, ainsi à la méthode applicable pour la conservation (congélation).

6.2 Résultats d'analyses microbiologiques de la sardine commune (*Sardina pilchardus*)

A l'issu des analyses bactériologiques, les différents germes identifiés et dénombrés sont présentés dans le tableau XIII.

Tableau XIII: Résultats de dénombrement des bactéries de la sardine conservée dans les différentes matrices à t0 et après 30 jours de congélation.

Echantillons	Témoin		Gel de la chair de racines de gombo		Poudre de graines de lin		Gel de la chair de racines de gombo + poudre de graines de lin	
	T0	Après 30 Jours	T0	Après 30 Jours	T0	Après 30 Jours	T0	Après 30 Jours
<i>Escherichia coli</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<i>Salmonelles</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<i>Psychrotrophes</i>	Abs	Ind	Abs	141905	Abs	Ind	Abs	55500

Abs : Absence, Ind : Indénombrable.

D'après les résultats obtenus du tableau ci-dessus, nous avons constaté l'absence totale des germes de contamination (*Escherichia coli* et *Salmonelles*) chez l'ensemble des échantillons analysés avant et après congélation. Ceci explique d'une part, le respect des règles d'hygiène, les bonnes pratiques et le conditionnement lors de notre étude et d'autre part, l'impact des matrices utilisées qui sont riches en substances antibactériennes (flavonoïdes et caroténoïdes).

De plus, la saumure permet de prolonger la durée de conservation des poissons en absorbant une grande quantité de l'eau qu'ils contiennent, et rend la survie des micro-organismes difficile (Brigitte Maas-van et *al.* 2005).

La flore psychrotrophe a dépassé le seuil de 10^6 germe /g dans les échantillons enrobés dans le gel de la chair de racines, la poudre de graines de lin) et le témoin, Ceci peut s'expliquer par la résistance de cette flore au froid, et sa capacité de croissance et de dégrader les protéines et lipides qui se trouvent dans la sardine commune, ainsi dans les matrices testées par les enzymes (protéases et lipases). Un seuil moins de 10^6 germe /g de cette flore a été enregistré dans l'échantillon enrobé par le gel de la chair racinaire + la poudre des graines de lin (échantillon 04), cela justifier par l'effet synergétique des deux matrices comme matrices conservatrices de la sardine commune.

Nos résultats sont similaires à ceux rapportés par Rajkumar et *al.* (2016) analysant l'effet de l'utilisation d'AVG (*Aloe vera* Gel) frais sur les qualités physico-chimiques, texturales, sensorielles et nutritives des nuggets de viande de chèvre, dont la réduction de l'oxydation lipidique, la croissance microbienne et l'amélioration de la qualité des peptides

de viande de chèvre, ont été observées après 9 jours de stockage au réfrigérateur.

6.3 Résultats d'analyse sensorielle de la sardine conservée

L'évaluation sensorielle est utilisée comme un outil pour caractériser les propriétés organoleptiques des aliments. Elle permet d'évaluer l'impact du mode de conditionnement et de la durée de conservation sur la qualité sensorielle du poisson (Dromer et *al.* 2015).

Les changements sensoriels sont ceux perçus par le sens, c'est-à-dire : apparence, odeur, texture et le goût. Les premières modifications sensorielles du poisson pendant le stockage concernent l'apparence et la texture (Luduc, 2011).

Les critères sensoriels de la sardine commune analysée après 30 jours de congélation sont illustrés dans le tableau ci-dessous.

Tableau V: Critères sensoriels de la sardine commune après congélation.

Temps Echantillons	Propriétés sensorielles	Ech.01 : Témoin	Ech. 02 : Gel de la chair des racines de gombo	Ech. 03 : Poudre des graines de lin	Ech. 04 : Gel de la chair des racines de gombo + poudre des graines de lin
Après 30jours de congélation	Odeur	Mauvaise	Bonne	Bonne	Bonne
Après 30jours de congélation	Texture	Hachés	Bonne	Bonne	Bonne

La texture de différents échantillons de la sardine commune après 30 jours de congélation dans différentes matrices est illustrée par la figure 19.

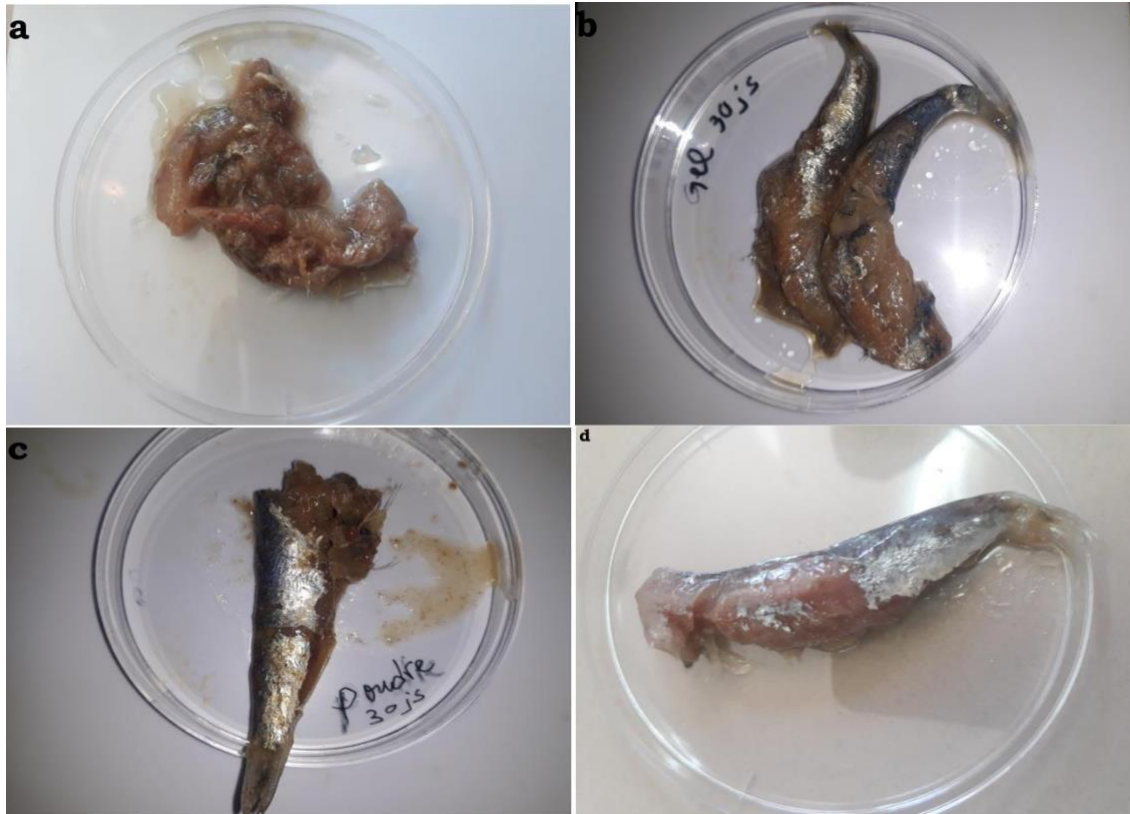


Figure 19 : Aspect de différents échantillons des sardines après 30 jours de congélation dans les différentes matrices.

- a) Témoin, b) Sardine enrobée par le gel de la chair de racines de gombo, c) Sardine enrobée par la poudre des graines de lin, d) Sardine enrobée par le gel de la chair de racines de gombo et la poudre des graines de lin.

La congélation permet le maintien de la qualité organoleptique de la sardine à un bon niveau, et elle retarde l'apparition et l'évolution des signes d'altération.

La flore des produits marins est très souvent dominée par des bactéries psychrotrophes à Gram négatif, ces bactéries sont responsables des odeurs et des saveurs désagréables liées aux altérations qui s'installent au niveau de la chair de poisson et son évolution dans le temps par leur capacité de produire les hydrolases (lipases ou protéases).

Durant la conservation, l'échantillon 01 (sardines non enrobées), présente des odeurs de plus en plus fortes. Les principaux composés responsables des mauvaises odeurs sont les produits carbonylés (Eymard, 2003). La sardine se dessèche et perd sa forme longitudinale au cours de la conservation, un changement de texture est dû principalement à l'interaction des chaînes peptidiques avec les produits d'oxydation des lipides comme les aldéhydes (Pokorny,

1981 ; Sikorski et Kolakowska, 1994). Ces résultats sont sans doute dus à la taille des sardines, trop petites ne supportent pas bien la congélation surtout lors de la congélation lente au cours de laquelle, le refroidissement s'effectue lentement et entraîne la formation de cristaux de glace de taille importante. Les aiguilles des cristaux de glace peuvent alors percer et déchirer la paroi des cellules de la sardine commune et favoriser un exsudat lors de la décongélation. (Choubert, 2010).

Par contre, les autres échantillons des sardines qui ont été enrobées par toutes les matrices n'ont pas subi des modifications organoleptiques et se caractérisent par une bonne qualité (état de fraîcheur). Il serait intéressant d'utiliser ces matrices contre l'altération et l'oxydation des lipides.

Les deux processus « salage et congélation » affectent la qualité finale (altération de texture des poissons « témoin »). Cependant, l'utilisation des différentes matrices peuvent conserver les propriétés initiales de la sardine commune, voire la détérioration de la composition biochimique et le développement bactérien n'ont pas lieu.

Nous pouvons conclure que les différentes matrices testées peuvent être utilisées comme matrices conservatrices réduisant l'oxydation et l'activité de l'eau A_w (Berkel et *al.* 2005).

Conclusion et Perspectives

La présente étude porte sur la caractérisation de la chair de racines (gel et poudre) de l'espèce *Abelmoschus esculentus* qui appartient à la famille des *Malvacées*,

Le criblage phytochimique a permis de mettre en évidence la présence des tanins galliques, des glucosides et des coumarines dans le gel et la poudre de la chair racinaire de gombo.

Les analyses physico-chimiques révèlent que, le gel de la chair racinaire de gombo présente une acidité faible ($5,1 \pm 0,15\%$) par rapport à celle de la poudre de la chair des racines ($9,625 \pm 0,07\%$).

Quantitativement, la poudre de la chair racinaire de gombo présente une meilleure teneur en caroténoïdes avec $182,9 \pm 0,01$ mg EC/g d'extrait. Toutefois, des teneurs similaires en flavonoïdes caractérisent le gel et la poudre de la chair racinaire de gombo respectivement de l'ordre de $3,235 \pm 0,063$ mg EQ /g d'extrait, $3,022 \pm 0,1$ mg EQ /g d'extrait.

Le fruit du gombo possède un rendement intéressant en mucilage (3,2%) en comparaison avec la chair racinaire de gombo (0,33%).

Le potentiel antiradicalaire des deux extraits à base de la chair racinaire, ainsi le mucilage a été déterminé par la méthode de DPPH dont les résultats montrent que l'extrait éthanolique de poudre à base de la chair racinaire de gombo est le plus antioxydant avec un pourcentage d'inhibition $54 \pm 0,14\%$.

L'activité antimicrobienne a été déterminée sur deux souches bactériennes, selon la méthode de diffusion de disque, les résultats indiquent que les trois extraits ne possèdent pas un effet inhibiteur sur toutes les souches testées.

Des modifications des qualités sensorielles, biochimiques et microbiologiques intervenant lors de la conservation de la sardine en fonction de la durée et de la température de stockage ont été enregistrées dans l'échantillon de la sardine non enrobée.

L'enrobage de la sardine par les trois matrices testées a montré une inhibition des bactéries de contamination fécale (*Escherichia coli*, *salmonelle*), aussi leurs conditions d'utilisation ont un effet considérable sur la conservation. D'après nos résultats, cette méthode appliquée a donné des résultats satisfaisants.

A l'issue de ces résultats, nous pensons qu'il serait très intéressant de :

- Compléter notre étude par le dosage des composés volatiles afin de déterminer et de suivre la cinétique de formation des composés responsables des mauvaises odeurs de notre sardine étudiée.
- Élargir le travail pour d'autres activités biologiques telles que : l'activité anti-inflammatoire, l'activité cytotoxique et anti-tumoral

- Tester les extraits de la chair de racines de la plante sur d'autres souches microbiennes et d'autres produits de la mer.

Références bibliographiques

- 1- Abdelmoulah, A., Ktari, M.H. et Hadj Ali Salem, M. (1980). Variations saisonnières de la composition chimique globale de la sardine : *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de la région de Bizerte (Tunisie). *Bulletin De l'Institut National Scientifique et Technique D'océanographie Et De Pêche* .7 : 91-101.
- 2- Achour, S., Youcef, L. (2003). Elimination du cadmium par adsorption sur bentonites sodique et calcique, *Larhyss Journal*. ISSN 1112-3680, N° 02, Université de Biskra
- 3- Addou, M. (2022). Annaba : une superficie de 100 ha réservée à la culture de gombo. *Algérie Presse Service*. Consulté le 12/08/2022.
- 4- Alipio, M. (2021) Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) Pod Gel as a Low-cost Alternative to Commercial Acoustic Gel. *Philippine Journal of Science*. 150 (2): 391-396, ISSN 0031 – 7683.
- 5- Asiri, K. (2013). Étude des leïds et des phénols dans certaines dates locales.
- 6- Assogba, M.H., Mahounou, S.G., Bonou, G.A., Salifou, C.F.A., Dahouda, M., Chikou, A., Farougou, S., Youssao Abdou Karim, I. (2018). Qualité de la chair des poissons : facteurs de variations et impacts des procédés de transformation et de conservation. *International Journals of Sciences and High Technologies*. V. 10 N.pp. 333-358.
- 7- Babu, T. A and Sekar., Kumar, A. (2016). Antioxidant and Antidiabetic properties of *Abelmoschus esculentus* extract – an in vitro assay. *Research Journal of Biotechnology*. V. 11 (3): p34-41. Centre for Biotechnology, Anna University, Chennai, INDIA.
- 8- Bakre L. G., Jaiyeoba K. T. (2009). Effects of drying methods on the physicochemical and compressional characteristics of okra powder and the release properties of its metronidazole tablet formulation. *Archives of Pharmacal Research*. V 32, N° 2, 259-267.
- 9- Bauchot, M.L. 1987. Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (Révision 1). *Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vertèbres. Rome. FAO* ; V.2, p.761-1530.
- 10- Belgasem, A., Alqamoudy, H., Shaeroun, A., Rashed, A., EL-Mahmoudy., Misbah, A.A., Almunir, N., Elshili, M., FadiaTaufik, M., Kushlaf, N. (2019). Phytochemical Screening of Okra plant from Libya. *Scholars International Journal of Chemistry and Material Sciences*. 2 (6): 101-103.
- 11- Benchasri, S. (2012). Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Moench) as a Valuable Vegetable of the World. *Review Paper/Pregledni Članak*. 49.p.105-112.
- 12- Berkel, B.M., van den Boogaard, B., Heijnen, C. (2005). La conservation du poisson et de la viande. *Série Agrodok*. N°. 12.

- 13- Bodin, R.A. (1997). Étude sur les possibilités d'amélioration des techniques de friture du poisson et de sa commercialisation au niveau artisanal. *Diplôme de Technologie Approfondie pour la Commercialisation des Produits de la Mer*. Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération centre petit-bassam d'Abidjan (côte d'Ivoire). Pages 2-6.
- 14- Boukhari, N., Taleb-Senouci, D., Chabane, F.Z., Besbes, M., Lamri-Senhadj, M.Y. (2013). L'huile des co-produits de poisson corrige la dyslipidémie, améliore le transport inverse du cholestérol et stimule l'activité de la paraoxonase-1 chez le rat obèse. *Annales de Cardiologie et d'Angéiologie*, Volume 62, Issue 3, Pages 149-154.
- 15- Brigitte Maas-van, B., Brigiet van den, B., Corlien, H. (2005). La conservation du poisson et de la viande : 6-90.
- 16- Bušelić, I., Botić, A., Hrabar, J., Stagličić, N., Cipriani, P., Mattiucci, S., Mladineo, I. (2018). Les variations géographiques et de taille des hôtes comme indicateurs de Anisakis pegreffii infection chez la sardine européenne (*Sardine pilchardus*) de la mer Méditerranée : implications pour la sécurité alimentaire. *Journal International de Microbiologie Alimentaire*. 266 :126–132.
- 17- Chanda S, 2014, Importance of pharmacognostic study of medicinal plants: An overview. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2 (5): 69-73285
- 18- Charrier, A., Jacquot, M., Hamon, S., Nicolas, D. (1997). Les gombos. *l'Amélioration des Plantes Tropicales*. 313-333.
- 19- Chéret, R. (2005). Effet des hautes pressions sur les indicateurs de maturation de la viande et d'altération du muscle du poisson. *Thèse de doctorat*. Université de Nantes : 44,53, 54 74, 176p.
- 20- Choubert, G. (2010). Procédé de conservation /transformation et qualité sensorielle du poisson. *13^{ème} Journée Sciences des Muscles et Technologies des Viandes, Clermont Ferrand* .19-20 Octobre.p.91-98.
- 21- Cotrim, M., Mottin, A.C., Ayres. (2016). Preparation and Characterization of Okra Mucilage (*Abelmoschus esculentus*) Edible Films. 367, 90–100.
- 22- Dantas, T.L., Alonso Buriti, F.C., Florentino, E.R. (2021). (Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as a Potential Functional Food Source of Mucilage and Bioactive Compounds with Technological Applications and Health Benefits. *Plants*. 10, 1683. <https://doi.org/10.3390/plants10081683>.
- 23- Dehiba, F., Benyahia-Mostefaoui, A., Khelladi, H.M., Boualga, A, Lamri-Senhadj, M.Y., Bouchenak, M. (2010). Effects of sardine oil and milk lipids on oxidative stress and

- inflammation markers in diet-induced hypercholesterolaemic rats. *Proceedings of the Nutrition Society*, 69 (OCE3), E312.
- 24-** Dembele, D.L., Haidara, M., Denou, A & Sanogo, R. (2021). Étude phytochimique des écorces de racines et des feuilles de *securidaca longipedunculata* (fresen), polygalaceae au mali. *European Scientific Journal, ESJ*, 17(29), 145.
- 25-** Diop, M-B. (2008). Sélection et caractérisation de souches bactériennes aptes à améliorer la technique de conservation du poisson par salaison au Sénégal, *Thèse de Doctorat*, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique. 20-13p.
- 26-** Dromer, C., Reynal, L., Etienne, M., Mathieu, H., Pau, C., Eugène, S., Régina, F. (2015). Etude de la qualité des produits de la pêche associée aux DCP ancrés, projet MAGDELESA
- 27-** Ebrahimzadeh, M.A., Pourmmorad, F., et Hafezi, S. (2008). Antioxidant activities of Iranian corn silk. *Turkish journal of biology*.32:43-49.
- 28-** Elkhalfa, A., Al-Shammari, E., Alam, M.J., Alcantara, J.C., Khan, M.K., Eltoun, N., and Ashraf, S.A. (2021). Okra-derived Dietary Carotenoid Lutein against Breast Cancer, with an Approach towards Developing a Nutraceutical Product: A Meta-analysis Study. *Journal of Pharmaceutical Research International*. 33(40A): 135-142.
- 29-** Elkhalfa, A.O., Alshammari, E., Adnan, M., Alcantara, J.C., Awadelkareem, A.M., Nagat Elzein Eltoun, N., Mehmood, Kh., Prasad Panda, B. and Ashraf, S.A. (2021). Okra (*Abelmoschus esculentus*) as a Potential Dietary Medicine with Nutraceutical Importance for Sustainable Health Applications. *Molecules*. 26, 696.
- 30-** Eloff, J.N. (1998). Which extractant should be used for the screening and isolation of antimicrobial components from plants? *Journal of Ethno-pharmacology*, 60: 1-8.
- 31-** EL-Qudah, J.M., Identification and Quantification of Major Carotenoids in Some Vegetables. *American Journal of Applied Sciences*.6 (3): 492-497.
- 32-** Eymard, S. (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. *Thèse de doctorat de l'université de Nante*, 143 pp.
- 33-** Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., Abdelly, C., (2008). Phenolic composition of *Cynaracardunculus* L. organs, and their biological activities, *Comptes Rendus Biologies*. 331, 372-379.
- 34-** Faucher, J.L et Avril, J.L. (2002). Bactériologie générale et médicale. Tome 1, Ellipses (Ed), paris, 214p.
- 35-** Fodeili, M. (2022). Pêche : l'Algérie a produit 30000 tonnes de sardines en 2021. *dzairworld*. Consulté le 10/08/2022.

- 36- Forest, A. (2001). Ressources halieutiques hors quotas du Nord Est Atlantique : bilan des connaissances et analyse de scénarios d'évolution de la gestion. *Ifremer Eds*, tome 2 : 215 pp.
- 37- Furnestin, A. (1943). Contribution à l'étude biologique de la Sardine Atlantique (*Sardina pilchardus*). *Revue Des Travaux d'Office Des Pêches Maritime*, 13, 221-386.
- 38- Gemedé.H.F., Ratta.N., Haki.G.D., & Ashagrie Z., BeyeneW.F. (2014). Nutritional Quality and Health Benefits of Okra (*Abelmoschus esculentus*). *Global Journal of Medical Research: K Interdisciplinary*. Volume 14 Issue 5 Version 1.0:29-37.
- 39- Ghedira, K. (2005). Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*. N° 4 : 162-169
- 40- Gordó-Vilaseca, C., Pennino, M.G., Albo-Puigserver, M., Wolff, M., Coll, M. (2021). Modelling the spatial distribution of *Sardina pilchardus* and *Engraulis encrasicolus* spawning habitat in the NW Mediterranean Sea, *Marine Environmental Research*, <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.105381>.
- 41- Haidara, M., Doumbia, S., Diarra, M.L., Sogoba, M.N., Sanogo, R. (2022). Caractéristiques botaniques et physicochimique et constituants chimiques des racines de *Entada africana* Guill. & Perr. (Leguminosae) récoltées dans seize localités du Mali. *Revue Africain et Malgache de Recherche Scientifique – Série Pharmacopée et Médecine Traditionnelle Africaine*. ; 21(1) : 106-112.
- 42- Handjar,H.,Niar,A.,van der Meer,J.(2019). The European pilchard *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) stock off the western Algerian coast is fully exploited. *Journal of Sea Research* 150–151: 1–7.
- 43- Hughes, R.J., et Jones, N.R. (1966). Measurement of hypoxantine concentration in canned herring as an index of the freshness of the raw material, with a comment on the flavor relation. *Jay Sea Food Agree*. 17 : 434-436p.
- 44- Kaschner, K., Rius-Barile, J., Kesner-Reyes, K., Garilao, C., Kullander, S.O., Rees T., & Froese R. (2013). AquaMaps: Predicted range maps for aquatic species. *World Wide Web Electronic Publication*, www.aquamaps.org.
- 45- Kumar, D.S., Tony, D.E., Kumar, A.P., Kumar, A.K., Rao, B.B.S., Nadendla, R. (2013). *Abelmoschus esculentus* (OKRA). *International Research Journal of Pharmaceutical and Applied Sciences (IRJPAS)*.3(4):129-132.
- 46- Langi, P., Kiokias, S., Varzakas, Th., and Proestos, Ch. (2018). Carotenoids: From Plants to Food and Feed Industries.*Methods in Molecular Biology*.vol. 1852:57-71.

- 47- Lavoué S., Miya, M., Saitoh K., Ishiguro, N. B., Nishida M. (2007). Phylogenetic relationships among anchovies, sardines, herrings and their relatives (Clupeiformes), inferred from whole mitogenome sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 43, 1096-1105
- 48- Lee, J.Y., (1961). La sardine du golfe du lion (*Sardina pilchardus* *Sardina Regan*), *Revue des Travaux de l'Institut de Pêches maritimes*, 25 (4).
- 49- Louala, S., Hamza-Reguig, S., Benyahia-Mostefaoui, A., Boualga, A., Lamri-Senhadji, M. Y., (2011). Effects of highly purified sardine proteins on lipid peroxidation and reverse cholesterol transport in rats fed a cholesterol-rich diet. *Journal of functional foods*, 3, 321 - 328.
- 50- Luduc, F. (2011). Evaluation de la qualité des poissons frais par des approches chimiques. *Thèse de Doctorat*. Université de sciences et technologies de Lille 1 école doctorale et biologie et santé.
- 51- Luiz, T.A., Pozuelo, G.M., Navarro, I.J., Torales, L.E., Ponce, H., Barrio, R.G., Alonso, J.G., Periago, M.J. (2021) Influencia de los carotenoides sobre los marcadores de riesgo cardiometabólico en mujeres peri y posmenopáusicas. 38(5) :993-1001.
- 52- Mezouar, D., Lahfa, F.B., Abdelouahid, D.E., Adida, H., Rahmoun, N.M., Boucherit-Otmani, Z. (2014). Activité antimicrobienne d'extraits d'écorce de racines de *Berberis vulgaris*. *Article original : Pharmacognosie*. 12 :380-385.
- 53- Nettleton, J.A., & Katz, R. (2005). N-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in type 2 diabetes: a review. *Journal of the American Dietetic Association*, 3:428-440.
- 54- Nout, R., Hounhouigan, J.D., van Boekel, T. (2003). LES ALIMENTS : Transformation, Conservation et Qualité. *Backhuys Publishers*. 268p.
- 55- Paré, C. (2021). Priorité Santé - Pensez à consommer du Gombo. *Proquest*.
- 56- Park, H. J., et Cha, H. C. (2003). Flavonoids from leaves and exocarps of the grape Kyoho. *Ko-rean journal of biological society*. 7:327-330
- 57- Pokorny, J. (1981). Browning from lipid-protein interactions. *Progress in Food Nutrition and Science*. 5: 421-428.
- 58- Rajkumar, V., Verma, K.A., Patra, G., Pradhan, S., Biswas, S., Chauhan, P., Das, A.K. (2016). Qualité et acceptabilité des pépites de viande avec du frais *Aloe vera* Gel. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Vol. 29, n° 5 : 702-708.
- 59- Saïdoune, H. (2005). Guide de l'inspection du poisson. P : 4-28.
- 60- Santos, A.M.P., Nieblas, A.E., Verley, P., Teles Machado, A., Bonhommeau, S., Lettg, C., Garridoa, S., Peliz, A. (2018). Sardine (*Sardina pilchardus*) larval dispersal in the Iberian

- upwelling system, using coupled biophysical techniques. *Progress in Oceanography* 162: 83–97.
- 61- Schafleitner, R., Kumar, S., Lin, Ch., Hegde, S.G., Ebert, A., (2013). The okra (*Abelmoschus esculentus*) transcriptome as a source for gene sequence information and molecular markers for diversity analysis. *Journal Homepage: www.elsevier.com/locate/gen*. 517: 27–36.
- 62- Shaeroun, A., Alshebani, A.M.A., Rashed, A., Oshkondali, S.T.M. (2021). Phytochemical Screening and Antibacterial activity of Okra extract. *South Asian Research Journal of Biology and Applied Biosciences*. Vol-3, Iss-4: 51-56.
- 63- Sikorski, Z., et kolakowska, A. (1994). Changes in protein in frozen stored fish. In New York, USA: Chapman and Hall, Seafood proteins. Pages 99-112.
- 64- Soubra, L. (2008). Évaluations scientifiques des risques toxiques liés à certaines substances chimiques (additifs alimentaires) et contaminants (mycotoxines). *Researchgate*.224p.
- 65- Taazibt, DJ.et Yakoub, D. (2017). Une nouvelle méthode de conservation des sardines commun (*Sardina pilchardus*) de la région de BOUHAROUN. *Mémoire de fin d'étude*. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou.40p.
- 66- Tamayol A, Akbari M, Zi Lberman Y, Comottom, Leshae, Serexl, Bagherifard S, Chen Y, Fu G, Ameri SK, Ruan W. (2016). Fibres d'hydrogel à détection de pH flexible pour applications épidermiques. *Advanced Healthcare Materials*. 5 (6) : 711–719.
- 67- Torequl, M.I. (2018). Phytochemical information and pharmacological activities of Okra (*Abelmoschus esculentus*): A literature-based review. *Phytotherapy Research*. 33:72–80.
- 68- Tuara, P. (1999). Méthodes pratiques de conservation des produits de la mer, salage et séchage : manuel de formation. *Document réalisé avec le concours financier du gouvernement de la France*.33p.
- 69- Vania, M., nakajima, G., abriela,A., julianaalves,M. (2014).Citrus bioactive phenolic: role in
- 70- Whitehead, P. J. P. (1985). Clupeoid fishes of the world (sub-order Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. *Part I-Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae* ». *FAO Fisheries Synopsis*. 125 (7/1). p19-20.
- 71- Yan, T., Liu, B., Wang, N., Liao, Z., Wu, B., He, B., Jia, Y. (2021). The flavonoids of okra insulate against oxidative stress, neuroinflammation and restores BDNF levels in A β 1–42 induced mouse model of Alzheimer's disease. *Experimental Gerontology* .147: 111-263.

- 72- Yashodhara, B.M., Umakanth, S., Pappachan, J.M., Bhat, S.K., Kamath, R., Choo, B.H. (2009). Omega-3 fatty acids: a comprehensive review of their role in health and disease. *Postgrad Med J*, 85 (1000):84-90.
- 73- Yi, Y. (2018). Molecular Nutrition & Food Research. *Regulatory roles of flavonoids on inflammasome activation during inflammatory responses*.
- 74- Yolande, A. (2022). Conservation de la qualité des produits de la pêche et son altération. *Document de recherche*.
- 75- Zhu, X., Xu, R., Wang, H., Chen, J., Tu, Z. (2020) Structural Properties, Bioactivities, And Applications of Polysaccharides from Okra [(*Abelmoschus esculentus* L.) Moench]: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.

Annexes

Annexes I :

Tableau XV : Matériel utilisés.

Souches utilisés	Appareillage	Produits chimiques	Milieux de culture
- <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	-Plaques chauffantes	- HCl	-Gélose Muller Hinton(MH).
- <i>Escherichia coli</i> 25922 ATCC	-Etuve	- FeCl ₃ (5%)	- Milieu TSE
	-Balance électrique	- Un copeau de Mg	- Gélose VRBL
	-Bécher	- Alcool iso butanol	- Milieu SFB
	-Erlenmeyer	-Acétate de sodium (CH ₃ COONa)	- Milieu SS
	-Support	- NaOH	- Gélose PCA
	-Pipette graduée	- Ammoniaque	
	-Pipette Pasteur	- H ₂ SO ₄	
	-Micropipette	- Ethanol	
	-La Hotte	- KOH	
	-Tubes à essai	-Sulphate de sodium anhydre (Na ₂ SO ₄ H ₂ O)	
	-Chauffage à reflux	- Phénolphtaléine	
	-pH mètre	- Fehling A et B	
	-Burette graduée	- Acétate de plomb	
	-Fiole conique	- Bleue de méthylène	
	-Bain marie	- Acétone	
	-Fiole jaugée	- β-carotène	
	-Passoire	-Trichlorure d'aluminium AlCl ₃	
	-Papier filtre	- Quercétine	
	-Papiers Wattman	- Réactif DPPH	
	-Filtre à bactéries	-Méthanol	
	-Capsules en aluminium	- NaCl	
	-Dessiccateur		
	-Boîtes de Pétri en plastique stériles (90mm)		
	-Boîtes Pétri en verre		
	-L'ampoule à décompter		
	-Spatule		
	-Spectrophotomètre		

	UV-Visible -Ecouvillon -Pince métallique -Bec bunsen -Règle -Disques stériles -Mortier-pilon -Embouts en plastique stériles -Réfrigérateur		
--	---	--	--

Annexes II :

➤ Histogrammes sur le dosage des substances bioactives

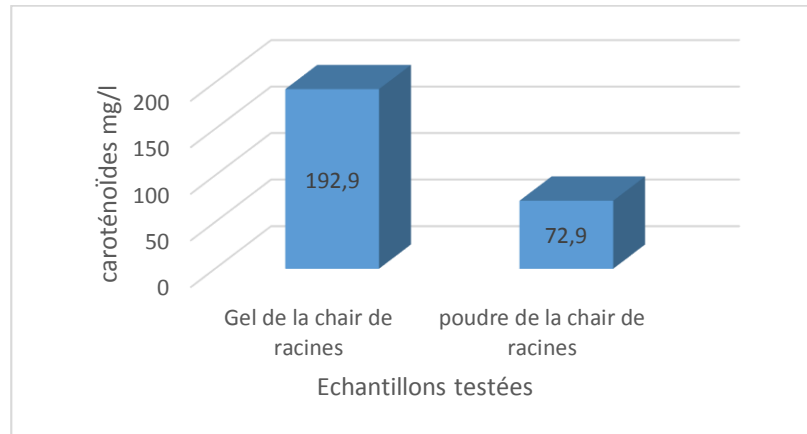


Figure20 : Teneur en caroténoïde dans le gel et dans l'extrait de poudre de la chair de racines de gombo en mg/l.

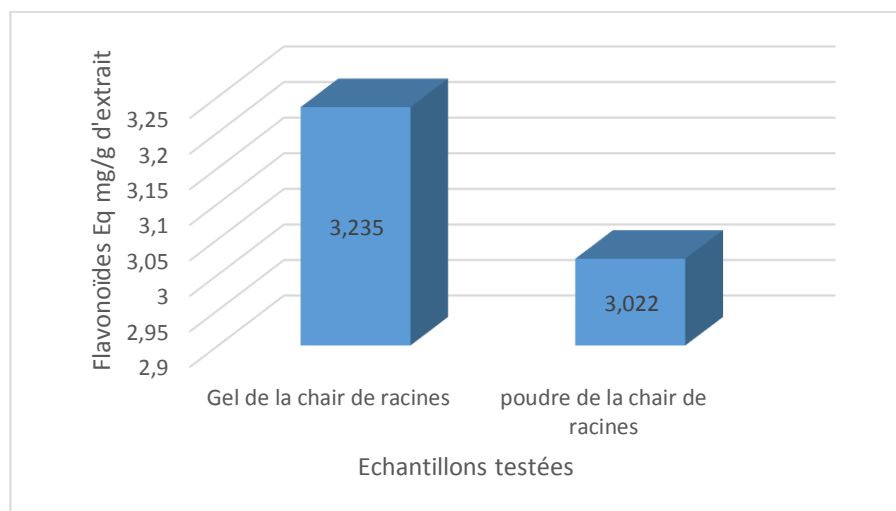


Figure21 : Teneur en flavonoïdes dans le gel et extrait de poudre de la chair de racines de gombo en EQ mg/g d'extrait.

Annexes III :

➤ Gammes d'étalonnage des caroténoïdes et flavonoïdes

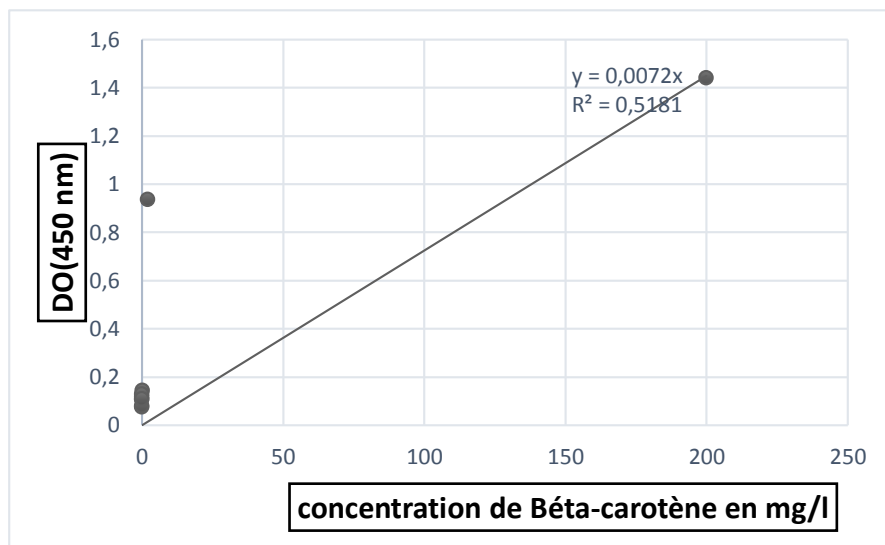


Figure22 : Droite d'étalonnage de bêta-carotène en Mg/l.

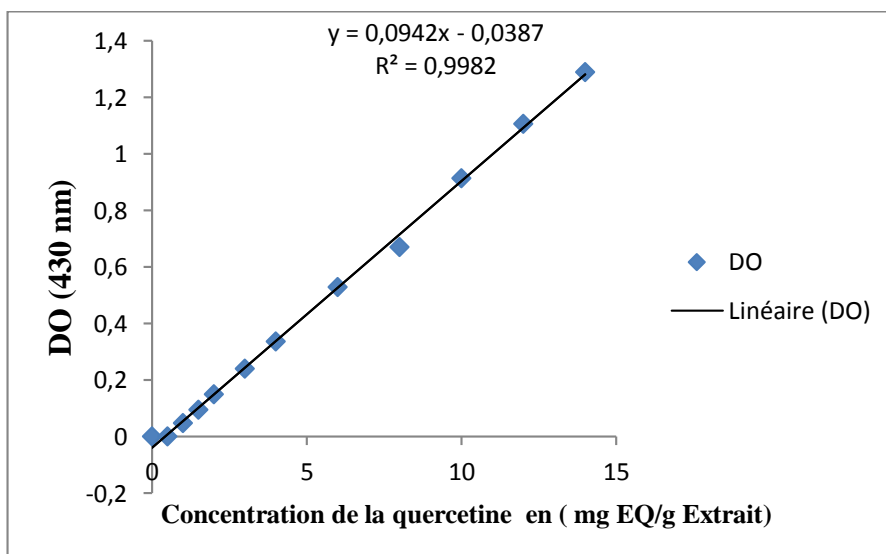


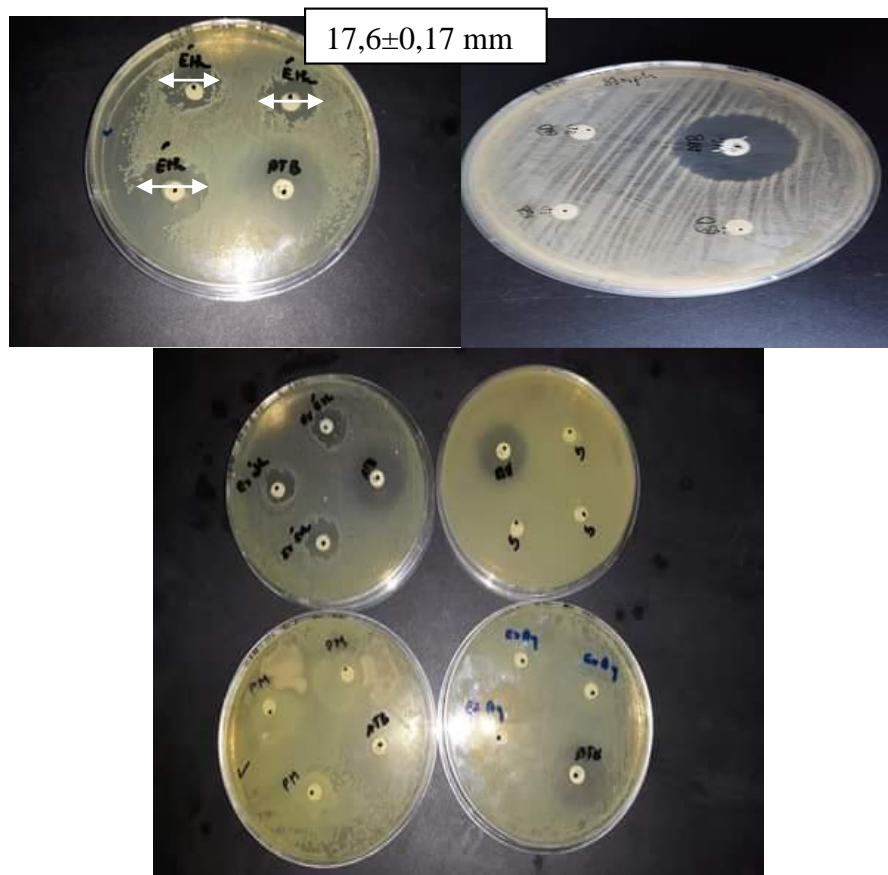
Figure23 : Droite d'étalonnage de la quercétine en mg EQ/g Extrait.

Tableau XVI : Valeur de la gamme d'étalonnage des caroténoïdes.

Dilution	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
Densité Optique (DO)	1,44	0,937	0,145	0,118	0,075	0,106	0,129	0,079	0,108
Concentrations En mg /L	200	2	0,2	0,02	2×10^{-3}	2×10^{-4}	2×10^{-5}	2×10^{-6}	2×10^{-7}

Annexes IV :

➤ Résultats d'activité antibactérien

Figure24 : Résultats de l'antibiogramme sur la souche *Escherichia coli* 25922 ATCC.

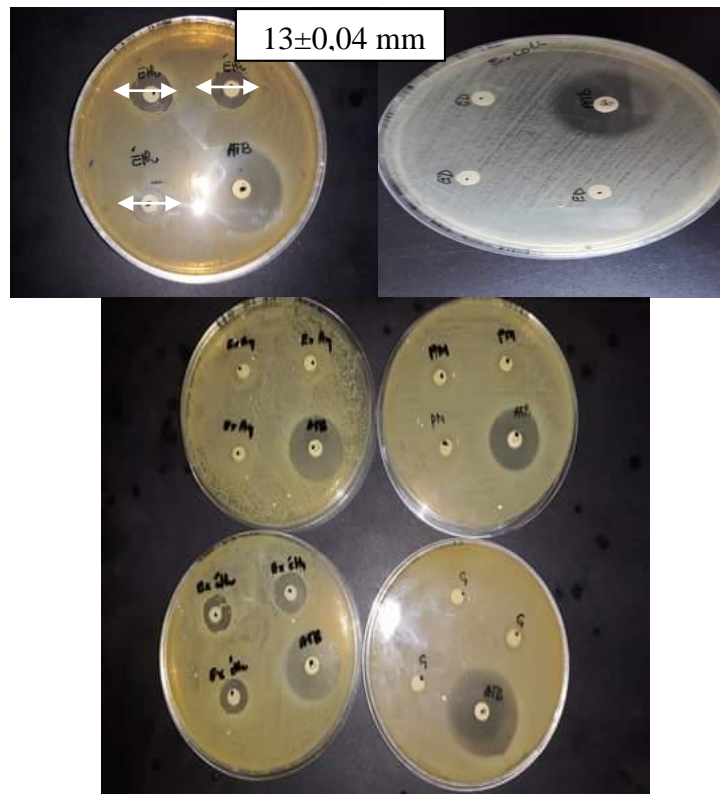


Figure25 : Résultats de l'antibiogramme sur la souche *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.