

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA – Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Microbiologie
Filière : Sciences Biologiques
Option : Biotechnologie Microbienne



Réf :

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme
MASTER

Thème

**Utilisation des substances naturelles comme
agent antioxydants et antimicrobiens en
alimentaire**

Présenté par :
BECHAR Warda & BENMAHIDDINE Hanane
Soutenu le : 23/09/2021

Devant le jury composé de :

| | | | |
|------|----------------------|------------|------------------|
| Mme. | SAIDANI K. | MCB | Président |
| Mme. | KERAMANE B. | MCB | Encadreur |
| Mme. | BELHAMICHE N. | MAA | Examineur |

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

En tout premier lieu, Nous remercions notre créateur Allah, Grand et Miséricordieux, le tout puissant pour nous avoir guidé et qui nous a procuré le courage, la patience, la santé, la volonté et l'aide pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons aussi à remercier très sincèrement notre encadreur **M^{me} KERAMANE Badria** d'avoir accepté de nous encadrer, nous la remercions également pour sa disponibilité et pour son degré d'implication dans ce travail, et surtout ses judicieux conseils. Vraiment merci pour une qualité d'encadrement si sérieuse et si consistante.

Nos vifs remerciements sont également adressés à **M^{me} BELHAMICHE et M^{me} SAIDANI**, membres du jury pour l'intérêt qu'elles ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous remercions aussi tous les enseignants du département Microbiologie.

Un grand merci à notre famille et nos amis par leur soutien et leur encouragement grâce auxquels nous avons pu surmonter tous les obstacles.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements à toutes les Personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Warda & Hanane

Dédicaces

Cet humble travail est dédié à mes plus chers :

Ma chère maman :

Qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'études, la femme la plus aimante, la plus solidaire et la plus protectrice ; quoi que je fasse ou quoi que je dise je ne serai point te remercier comme il se doit, aucune parole ne saurait traduire la profondeur de ma gratitude et de mon amour envers toi maman, je la remercie pour sa disponibilité et son soutien sans égal dans les moments les plus difficiles de ma vie et son aide si précieuse qui a rendu possible la soutenance de ce mémoire.

Mon chère père :

Mon plus haut exemple qui m'a toujours souhaité la réussite et le bonheur et qui m'a encouragé dans tout mon cursus scolaire et universitaire, J'espère que tu sois fier de ta fille.

À mes chers frères **Abderrahime, Mohamed** et **Omar**, je vous serais toujours reconnaissante pour ce que vous êtes et ce que vous faites pour moi. Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.

À ma chère grande mère **Fatma** que j'adore, la plus idéale dans ce monde et symbole de sagesse que ALLAH t'accueille dans son vaste paradis.


À mes chers oncles et mes chères tantes en particulier **Louiza**.

À mes cousins et cousines

À mes chères amies et à ma chère binôme Hanane.

Warda

Dédicaces



Je dédie cet évènement marquant de ma vie avec un profond amour :

A celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoir... à la source d'amour incessible ... à ma force et mon bonheur ... à la mère des sentiments fragiles qui ma bénie par ses prières. A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargnée aucun effort pour me rendre heureuse...

Ma très chère maman **Lila**

A mon support que j'ai perdu très jeune ... à la mémoire de mon père disparu trop tôt... J'espere qu'il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours priée pour le salut de son âme... **Papa**

A mes deux meilleures amies et à ma très chere binôme et amie Warda

Hanane

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Chapitre I : Additifs alimentaires synthétiques

I.1 Quelques utilisations des additifs à travers l’histoire..... 3

I.2 Rôle des additifs alimentaires 3

I.3 Classification des additifs alimentaires..... 4

I.3.1 Additifs qui maintiennent la fraîcheur et préviennent la dégradation des aliments 6

I.3.2 Additifs qui amplifient ou améliorent les qualités sensorielles des aliments..... 7

I.3.3 Autre additifs qui affectent les caractéristiques physiques ou physico-chimiques..... 7

I.4 Evaluation et autorisation 8

I.4.1 Liste autorisé des additifs alimentaires 8

I.4.1.1 En Algérie 9

I.4.1.1 Des additifs alimentaires interdites 10

I.5 Toxicité des additifs 11

I.6 Effet d’accumulation 14

Chapitre II : Extraction des substances naturelles

| | |
|---|-----------|
| II.1 Substances naturelles et leurs activités biologiques..... | 17 |
| II.1.1 Polyphénols | 17 |
| II.1.1.1 Définition..... | 17 |
| II.1.1.2 Classification | 18 |
| II.1.1.3 Activités biologiques des polyphénols | 22 |
| II.1.2 Caroténoïdes | 23 |
| II.1.3 Vitamines | 23 |
| II.1.4 Oligo-éléments | 24 |
| | |
| II.2 Techniques d'extraction des composés bioactifs | 24 |
| II.2.1 Méthodes d'extraction conventionnelles | 25 |
| II.2.2 Techniques d'extraction verte des molécules..... | 25 |
| II.2.2.1 Extraction assistée par ultrasons | 26 |
| II.2.2.2 Extraction assisté par fluide supercritique | 27 |
| II.2.2.3 Extraction assistée par micro-ondes | 27 |
| II.2.2.4 Haute pression hydrostatique et extraction liquide sous pression | 29 |
| II.2.2.5 Extraction assistée par champ électrique pulsé | 29 |
| II.2.2.6 Extraction assisté par enzyme | 23 |

Chapitre III : Le remplacement des additifs de synthèse

III.1 Utilisation les substances naturelles comme agent antioxydants..... 32

| | | |
|---------|--|----|
| III.1.1 | Dans les produits carnés | 32 |
| III.1.2 | Dans les produits laitiers | 34 |
| III.1.3 | Dans les produits boulangeries | 35 |
| III.1.4 | Dans les matières grasses (Les huiles) | 37 |

III.2 Utilisation des substances naturelles comme agent antimicrobiens.. 39

| | | |
|---------|--|----|
| III.2.1 | Dans les poissons | 39 |
| III.2.2 | Dans les viandes et les produits carnés | 40 |
| III.2.3 | Dans les produits laitiers | 41 |
| III.2.4 | Dans les matières grasses ajoutées et Les huiles | 41 |

| | |
|------------------------|-----------|
| Conclusion..... | 43 |
|------------------------|-----------|

Références bibliographiques

Liste des abréviations

| | |
|---------------|--|
| SIN: | System International Numbering. |
| FAO: | Food and Agriculture Organization |
| OMS : | Organisation Mondiale de la Santé |
| CCFA: | Codex Comité of Food Additive |
| EFSA: | European Food Safety Authority. |
| JECFA: | Joint Expert Committee on Food Additives. |
| CSAH : | Comité Scientifique de l'Alimentation Humaine. |
| CE : | Comité Européenne. |
| CEE : | Communauté Economique Européenne. |
| BHT : | Butyl hydroxy toluène. |
| BHA : | Butyl hydroxy anisol. |
| UAE : | Ultrasound Assisted Extraction. |
| EAE : | Enzyme Assisted Extraction. |
| HHPE : | High Hydrostatic Pressure Extraction. |
| MAE : | Microwave Assisted Extraction. |
| PEF : | Pulsed Electric field-assisted Extraction |
| SFE : | Supercritical Fluid Extraction. |
| TBArs: | Thio barbiturique |
| MDA : | Measurement of malondialdehyde. |
| TBHQ : | Tert-butylhydroquinone . |
| DPPH : | 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl. |
| Ppm : | Particules par millions. |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 01 : Structure chimique d'un phénol | 18 |
| Figure 02 : Principales classes de composés phénoliques..... | 18 |
| Figure 03 : Équipement d'extraction assistée par ultrasons | 26 |
| Figure 04 : Équipement d'extraction assistée par micro-ondes | 28 |

Liste des tableaux

Tableau I. Les différentes classes des additifs alimentaires et leurs codifications 7

Tableau II. Additifs alimentaires autorisés en Algérie 9

Tableau III. Liste des additifs alimentaires synthétiques nocifs pour la santé humaine 11

Tableau IV. Avantages et les inconvénients des techniques conventionnelles 25

Tableau V. Résumé des avantages et inconvénients des méthodes d'extraction modernes 31

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les denrées alimentaires que nous consommons sont en grande majorité d'origine biologique (végétale ou animale). Les modifications qu'ils subissent, qu'elles soient d'origine microbiologique ou enzymatique, les altèrent très vite et les rendent, impropres à la consommation (**Fkih, 2007**). Cependant, pour y remédier, de nouvelles technologies de conservation ne cessent d'apparaître, comme l'ajout d'additifs alimentaires (**R'haïem et al., 2013**).

Dans ces dernières années, plus de 3000 additifs alimentaires sont sur le marché, classés en environ 25 catégories fonctionnelles. Ils sont utilisés dans l'industrie agroalimentaire pour leurs différents rôles organoleptiques et pour la conservation des aliments (**OMS, 2018**). Malgré tous les avantages et apports bénéfiques que présentent ces additifs alimentaires, de nombreux ouvrages et de spécialistes de la santé dénoncent la toxicité d'un grand nombre d'additifs alimentaires, qui tout en étant autorisés, sont souvent dangereux pour notre santé, peu testés mais très utiles pour les industriels. Un grand nombre de ces additifs sont chimiques et rajoutés machinalement par les industries agroalimentaires (**Gouget, 2007**).

Cependant, l'emploi généralisé et banalisé des additifs alimentaires a réveillé les consciences ces dernières années, leur réputation tantôt nocive et tantôt inoffensifs a semé le doute chez les consommateurs. Bien que la plupart des additifs sont aujourd'hui considérés comme inoffensifs, un certain nombre d'entre eux sont plutôt douteux, voire même dangereux selon des rapports d'études, alors le consommateur reste noyé dans les doutes. Pour remédier à tout cela, les scientifiques optent pour une alimentation plus saine et cela par l'utilisation de substances naturelles comme substituants aux additifs chimiques (**Gouget, 2007**).

Ces dernières années, le règne végétal a suscité beaucoup d'intérêt dans le domaine agroalimentaire. En effet, les substances naturelles extraites des plantes supérieures ou inférieures ont permis de grandes avancées en raison de leur valeur ajoutée dans la préparation de nombreux produits en particulier dans les domaines alimentaires d'autant qu'elles possèdent des propriétés conservatrices (antioxydantes et antimicrobienne). Les enjeux politiques, économiques, sociaux, et environnementaux incitent également les industriels à innover sur le plan technologique et à améliorer l'efficacité énergétique et environnementale de leurs procédés, grâce au développement d'une chimie dite verte en remplacement des procédés chimiques traditionnels. Cette extraction verte permet de consommer d'énergie et de la

capacité d'assurer un extrait de haute qualité avec l'utilisation des faibles volumes en solvants (Herzi, 2013).

Le travail effectué est présenté dans ce mémoire s'inscrit dans ce contexte. L'objectif visé est consacré à l'utilisation des substances actives d'origine naturelle comme antioxydants et antimicrobiens dans l'alimentation, pour remplacer les additifs de synthèses et les nouveaux procédés d'extraction de ces substances naturelles en respectant les principes de la chimie verte.

Selon le contexte général de la thématique traitée, nous avons divisé notre travail en trois chapitres :

- ✓ Le premier chapitre traite un aperçu général sur les additifs chimiques et les effets néfastes qu'ils peuvent engendrer.
- ✓ Dans le second chapitre, nous exploreront le potentiel des substances naturelles comme conservateurs ainsi que les techniques d'extraction vertes pour les obtenir.
- ✓ Enfin, le troisième chapitre mettra en revue les différentes études ayant investigué sur le remplacement des additifs chimiques par des substances naturelles dans les différents aliments.

CHAPITRE I

Les additifs alimentaires sont des outils indispensables et nécessaires aux industries agroalimentaires modernes. C'est un domaine attrayant, complexe, trop souvent méconnu des industriels eux-mêmes. Cependant, c'est une source inépuisable de controverses. Tout d'abord, qu'est-ce qu'un additif alimentaire ?

On entend par « additif alimentaire » toute substance habituellement non consommée comme aliment en soi (**Reynal et Moulton, 2009**), cette substance est dotée ou non d'une valeur nutritionnelle, ajoutée intentionnellement à un aliment dans un but technologique, sanitaire, organoleptique ou nutritionnel. Son emploi doit améliorer les qualités du produit fini sans présenter de danger pour la santé, aux doses utilisées, à une quelconque étape de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement, du conditionnement, de l'emballage, du transport ou du stockage de cette denrée, entraîne ou peut entraîner (directement ou indirectement) selon toute vraisemblance, son incorporation ou celle de ses dérivés à la denrée ou peut affecter de toute autre façon les caractéristiques de cette denrée (**JORA, 2012**). L'expression ne s'applique ni aux contaminants ni aux substances ajoutées dans les denrées alimentaires dans le but d'en maintenir ou d'en améliorer les propriétés nutritives (**Codex alimentarius, 2018 ; Mateos-Aparicio et Matias, 2019**).

I.1 Quelques utilisations des additifs à travers l'histoire

La conservation des aliments et l'utilisation des additifs remonte à des siècles et elle a commencée quand l'homme a appris à protéger chaque récolte jusqu'à la récolte suivante et à conserver la viande et le poisson en les salant ou en les fumant. Les Egyptiens ont utilisés des colorants (Safrane) et des arômes pour augmenter l'attrait de certains produits alimentaires tandis que les Romains ont eu recours au salpêtre (ou nitrate de potassium), aux épices et colorants pour la conservation et l'amélioration de l'apparence des aliments. De tout temps, les cuisiniers ont régulièrement employé la levure en tant qu'agent levant, des épaississants pour les sauces, et colorants pour transformer des matières premières en des produits alimentaires sûrs et sains (**Pöhl, 2016**).

I.2 Rôle des additifs alimentaires

Il est certain que l'utilisation et la consommation des additifs alimentaires iront en augmentant, au fur et à mesure que nos aliments deviendront un produit industriel. Cette industrialisation a inévitablement pour conséquence un accroissement de la demande en additifs

à cause de la nécessité de corriger les pertes de saveur, d'arôme ou de goût pendant la production, d'améliorer la consistance, l'apparence ou la couleur, et pour bien d'autres raisons. On estime qu'il y a actuellement près de 3,000 additifs sur le marché et chacun de ces additifs a un rôle bien précis et différent par rapport à l'autre ; parmi ces rôles on distingue un rôle : (André, 2013).

- 1) **Hygiénique ou sanitaire**
- 2) **Technologique**
- 3) **Organoleptique**
- 4) **Nutritionnel**
- 5) **Economique**

I.3 Classification des additifs alimentaires

Les codes attribués aux additifs alimentaires sont composés de lettres qui diffèrent d'après les états et d'un code chiffré fixe. L'abréviation "E" est utilisée pour communauté européenne en Europe, le SIN (Système international de numérotation) en Algérie, il a été mis au point par la Codex Comité of Food Additive (CCFA) en vue de fournir un système numérique, internationalement reconnu, permettant l'identification des additifs alimentaires et, entre autres, les colorants alimentaires dans la liste d'ingrédients (Codex alimentarius, 2018).

Le code chiffré est constitué de 3 chiffres indiquant la catégorie principale (100 pour les colorants, 200 pour les conservateurs, 300 pour les antioxydants, 400 pour les agents de texture (émulsifiants, stabilisants, épaississants, gélifiants), 500 pour les acides, 600 pour les exhausteurs de goût, 900 pour les édulcorants) (Moriniaux, 2017).

La classification des additifs alimentaires a été établie par la directive européenne 89/107/CEE avec 25 catégories selon la fonction qu'ils remplissent dans l'aliment (**Directive du parlement européen : 94/34/CE ; 89/107/CEE**).

✓ Selon la Réglementation Algérienne

La liste algérienne des additifs alimentaires, fixée par l'arrêté interministériel du 14 Février 2002 paru au journal officiel algérien n°31, est plus restreinte par rapport à celle de la CEE ou du Codex. Elle ne contient que 13 catégories : les colorants, les conservateurs, les anti-oxygènes, les épaississants-gélifiants et émulsifiants, les acidifiants, les correcteurs d'acidité,

les stabilisants, les antiagglomérants, les exhausteurs de goût, les agents d'enrobage, les sels de fonte, les poudres de lever et les édulcorants (JORA, 2012).

Les additifs sont regroupés par catégories selon leur fonction (Tableau I) :

Tableau I. Les différentes classes des additifs alimentaires et leurs codifications (Arzour et Belbacha, 2015).

| Type d'additifs | E ... | Rôles | Exemples |
|--|-----------|---|---|
| colorants | 100 à 199 | Aspect du produit | Rouge de betterave (E162) |
| conservateurs | 200 à 285 | Limite les altérations microbiologiques | Nitrates et nitrites (E249 à E251) : dans la charcuterie |
| antioxydants | 300 à 321 | Limiter l'oxydation | E300 : Acide ascorbique dans les conserves |
| Agents de texture | 400 à 495 | Homogénéisation ; donne une consistance et stabilisation physico-chimique | E 322 : lécithine dans le chocolat |
| Acidifiants Correcteurs d'acidité | 325 à 380 | Modification de l'acidité | E330 : l'acide citrique dans les sodas E552 : silicate de calcium dans la poudre de lait |
| Exhausteurs de goût | 620 à 650 | Renforce l'arôme de l'aliment et le gout | E620 : acide glutamique ; produits laitier |
| édulcorants | 950 à 967 | Donne la saveur sucrée peu ou pas calorique | E951 : aspartame dans les sodas |

III .1 Additifs qui maintiennent la fraîcheur et préviennent la dégradation des aliments

Les Conservateurs E 200 à E 285

Les conservateurs sont probablement la catégorie des additifs alimentaires la plus utilisée suite à leur rôle important dans la conservation des denrées alimentaires. Cette catégorie est divisée en trois principales sous-catégorie qui sont les agents antimicrobiens, les antioxydants et les agents anti brunissement (**Branen et Haggerty, 2001 ; Carcho et al., 2015**).

a) Agents antimicrobiens

Ce sont des additifs alimentaires qui prolongent la durée de conservation des aliments en les protégeant contre les altérations dues aux micro-organismes. Ces agents inhibent la croissance de certains micro-organismes (**Burtin et al., 2014**) .

Exemples : Acide benzoïque, Nitrates et nitrites.

b) Agents antioxydants

Les agents antioxydants sont considérés comme des conservateurs puisque leur rôle est d'allonger la durée de vie d'un aliment, de conserver le plus longtemps possible (**Gouget, 2007**) et de le protéger contre les altérations dues à l'oxydation.

Exemples : Butyl hydroxy anisol (BHA), Butyl hydroxy toluène (BHT), Acide ascorbique, α -tocophérol.

c) Agents anti-brunissement

Le brunissement des aliments est une réaction qui se fait par deux voies, une voie enzymatique et une voie non enzymatique. La vitamine C (E300), l'acide citrique (E330) et le sulfite de sodium (E221) sont les additifs les plus couramment utilisés comme agents anti brunissement. Ces additifs sont classés comme antioxydants ou conservateurs dans le système SIN et ils gardent les mêmes numéros que ceux du système européen sans l'utilisation de la lettre E (**Branen et Haggerty, 2001**).

3.2 Additifs qui amplifient ou améliorent les qualités sensorielles des aliments

a) Colorants E 100 à E 199

Les colorants jouent un rôle clé dans le choix d'un aliment, son identification (Par exemple la couleur rouge indique le goût de la fraise, la couleur jaune pour citron et d'habitude la couleur verte pour goût de la pomme...), la perception de sa fraîcheur, sa maturité et de sa qualité sanitaire. Les colorants sont utilisés dans les aliments comme additif depuis longtemps pour améliorer l'attractivité, masquer les variations de couleur naturelle et pour compenser les pertes causées lors du traitement, du stockage et du transport des aliments (Msagati, 2013 ; Carcho et al., 2014 ; Solymosi et al., 2015) .

Exemples : Les carotènes, les chlorophylles, la tartrazine.

b) Arômes et exhausteurs de goût E620 à E650

- «**Arômes**» : Ce sont des substances ajoutées pour conférer à la denrée alimentaire une saveur particulière (Reynal et Moulton, 2009).

Exemples : oléorésines, extraits végétaux, huiles essentielles.

- «**Exhausteurs de goût** » : Ce sont des substances qui renforcent le goût et /ou l'odeur d'une denrée alimentaire (Reynal et Moulton, 2009).

Exemples : L-leucine, acide glutamique.

d) Edulcorants E950 à E968

Ce sont des additifs alimentaires (autre qu'un sucre mono- ou disaccharide), qui confèrent un goût sucré à l'aliment (Reynal et Moulton, 2009).

Exemples : cyclamates, saccharine, aspartame.

3.3 Autres additifs qui affectent les caractéristiques physiques ou physico-chimiques

a) Agents de texture (Emulsifiants, stabilisants) E400 à E495

Les agents de texture sont des substances qui favorisent l'homogénéité, la stabilité, la douceur de la texture. Ce sont des Additifs alimentaires qui permettent d'obtenir ou de maintenir un mélange uniforme à partir de deux ou plusieurs phases immiscibles contenues dans un aliment (Reynal et Moulton, 2009).

Exemples : Mono et di glycérides, lécithines, alginates, gomme végétale et dérivés de la cellulose.

b) Régulateurs d'acidité (acides ou bases) E325 à E380

Ce sont des additifs alimentaires qui contrôlent l'acidité ou l'alcalinité d'une denrée alimentaire (Reynal et Moulton, 2009).

c) Anti-agglomérants E500 à E553

Ce sont des additifs alimentaires qui, dans une denrée alimentaire, limitent l'agglutination des particules (Moulton, 2002).

d) Agents de traitement de la farine

Ce sont des substances, ajoutées à la farine ou à la pâte, en améliore la qualité boulangère ou la couleur (Reynal et Moulton, 2009), ou d'augmenter sa capacité à panifier.

e) Agents levants

Ce sont des substances ou combinaisons de substances, qui libèrent du gaz et de ce fait, augmentent le volume d'une pâte (Reynal et Moulton, 2009).

f) Anti-mousses

Ce sont des additifs alimentaires qui empêchent ou réduisent la formation de mousse (Reynal et Moulton, 2009).

I.4 Evaluation et autorisation

Pour être utilisés, les additifs doivent être évalués pour prouver leur innocuité. Cette évaluation est faite par un groupe de scientifiques (JECFA) composés d'experts de la FAO and et de l'OMS (Codex Alimentarius, 2019).

Les additifs jugés, indépendamment de leur origine naturelle ou synthétique, sans risque sanitaire appréciable pour le consommateur peuvent être employés. Lorsque l'étude de l'innocuité d'un additif a été réalisée, l'organisme intergouvernemental FAO/OMS définit une appréciation "à éviter" ou "acceptable" et fixe des limites maximales d'utilisation de cet additif dans les aliments et les boissons. Il faut absolument éviter tout les additifs les plus dangereux. Parmi ces additifs, il y en ceux qui sont interdits dans certains pays et autorisés dans d'autres pays (Codex Alimentarius, 2019).

I.4.1 Liste autorisé des additifs alimentaires

En considérant les risques que pourrait comporter du point de vue de la santé, l'addition de substances chimiques aux aliments, le Comité mixte de FAO et OMS a établi, en 1956, les

principes généraux qui doivent régir l'emploi des additifs alimentaires. Ce Comité a convenu que : L'emploi des additifs est admissible dans les cas suivants :

1. Préservation des propriétés nutritives d'un aliment ;
2. Amélioration de l'aptitude à la conservation ou de la stabilité des aliments, sans toutefois que l'emploi des additifs conduise à laisser les méthodes traditionnelles de conservation ;
3. Augmentation de l'attrait des denrées pour les consommateurs, sans toutefois qu'il puisse en résulter une tromperie du consommateur, qui doit être informé par l'étiquetage de la présence d'un additifs dans son aliment.
4. Amélioration technologique dans l'industrie alimentaire.

I.4.1.1 En Algérie

Selon le journal officiel algérien n°31, 2002 ; le nombre des additifs alimentaires autorisés en Algérie par catégorie d'emploi est de 317 (**Tableau II**).

Tableau II. Additifs alimentaires autorisés en Algérie.

| Catégorie d'emploi | Nombre | Exemple d'un additifs autorisé | son numéro SIN | La denrée alimentaire |
|---|---------------|---|-----------------------|---|
| colorants | 42 | Bleu brillant FCF (mais interdites en France) | SIN 133 | les produits pâtisseries, les confitures, les sirops et les conserves |
| Conservateurs | 37 | Acide sorbique | SIN 200 | Margarines/mayonnaise |
| Antioxydants | 50 | Acide ascorbique | SIN | Boissons gazeuses |
| Epaississants et gélifiants | 31 | Gomme xanthane | SIN 415 | Pain |
| Acidifiants et correcteurs d'acidité | 35 | Acide citrique | SIN 330 | soda, bonbons acidulés |
| Emulsifiants | 25 | Lécithine | SIN 322 | Margarines |
| Stabilisants | 27 | Tartrate de potassium | SIN 336 | Les huiles ; graisses |
| Anti-agglomérants | 12 | Citrate d'ammonium ferrique | SIN 381 | Boissons |
| Exhausteurs de gout | 13 | Glycine | SIN 640 | Viande ,poisson ;les amandes |
| Educolorants | 8 | Sorbitol | SIN 420 i | les chewing gum, les dentifrices |

Remarque : La suite de la liste autorisé des additifs alimentaires en Algérie est indiquée en **annexe I**.

I.4.1.1 Des additifs alimentaires interdites

Il est parfois difficile de connaître les additifs présents dans les aliments que nous pouvons consommer en toute sécurité ainsi que ceux qu'il serait préférable d'éviter. L'emploi des additifs doit être refusé dans les cas suivants :

1. Pour dissimuler les effets techniques défectueux de fabrication et de manipulation ;
2. Pour induire le consommateur en erreur ;
3. Lorsqu'ils diminuent sensiblement la valeur nutritive d'un aliment ;
4. Lorsque l'effet désire peut être obtenu par des méthodes de fabrication économiquement et techniquement satisfaisantes.

Il y aurait des dizaines d'additifs alimentaires à proscrire de notre alimentation, due à leurs effets néfastes pour la santé. Les exemples qui suivent sont fortement présents dans nos aliments, la suite de la liste est citée dans le **tableau III** :

- ❖ **Dioxyde de titane (E171)** : Le dioxyde de titane est un colorant blanc, il est présent dans les confiseries, chewing-gums, dentifrices, certains médicaments.
Pour des raisons de santé publique, et en particulier pour protéger la santé des enfants, le Parlement européen appelle la Commission européenne à appliquer le principe de précaution et à retirer le dioxyde de titane (E171), un carcinogène probable, de la liste des produits dont l'utilisation comme additif alimentaire est autorisée dans l'UE. (EFSA, 2016)
- ❖ **Nitrite de potassium et nitrite de sodium (E249 et E250)** : sont des conservateurs chimiques /minéraux, on les trouve dans le Jambon, bacon, charcuterie, viandes industrielles. ou résultant de la réduction des nitrates. Ils forment des composés nitrosés cancérigènes, lorsque le processus de transformation du produit utilise une source de chaleur. Ils sont interdits en France mais autorisés en Algérie (Gouget, 2007).
- ❖ **Aspartame (E951)** : est l'un des édulcorants les plus utilisés au monde et le plus controversé du siècle ; On l'utilise notamment pour sucrer des aliments et des boissons. On le trouve dans plus de 6000 produits, des sodas « light » au chewing-gum en passant par des produits laitiers et des médicaments. , aliments de régime, yaourts allégés, édulcorants de table, bonbons ...

Selon le spécialiste mondiale de l'aspartame, Dr HJ Roberts déclare dans un documentaire : "L'Aspartame est un édulcorant de synthèse, un additif et c'est un produit chimique. Ce n'est pas un produit naturel, c'est en fait un VERITABLE POISON" (Gouget, 2007).

- ❖ **Jaune de quinoléine (E104)** : il est présent dans les boissons pour sportifs ; Boissons énergétiques ; chewing-gums ; confiseries ; confitures ; crème glacée. Il est interdit aux USA et Australie (Gouget, 2007).
- ❖ **Rouge cochenille (E124)** : Ce colorant rouge est fabriqué à partir d'insectes écrasés, il est présent dans le chorizo, les pâtisseries, les sirops et d'autres aliments (Gouget, 2007).
- ❖ **Indigotine, bleu patenté v et bleu brillant (E131 à E133)** : sont des colorants synthétiques ; on les trouve dans les confiseries, boissons, décorations de pâtisseries. Ils sont interdits aux USA, en Australie et en Norvège (Gouget, 2007).

Tableau III. Liste des additifs alimentaires synthétiques nocifs pour la santé humaine.

| Degrés de nocivité | Nom et code de l'additif |
|--------------------------------|---|
| Additifs très dangereux | E123(Amarante), E510 (chlorure d'ammonium), E513 (acide sulfurique), E527 (hydroxyde d'ammonium) |
| Additifs cancérogènes | E131 (bleu patenté V), E142 (vert S), E153 (charbon végétal), E210 (acide benzoïque), E212 (benzoate de potassium), E213 (benzoate de calcium), E214 (éthylparabène), E215 (éthylparabène sodique), E216 (propylparabène), E219 (méthylparabène sodique), E230 (diphényle), E240 (formaldéhyde), E249 (nitrite de potassium), E280 (acide propionique), E281 (propionate de sodium), E282 (propionate de calcium), E283 (propionate de potassium), E310 (gallate de propyle), E954 (saccharine) |
| Additifs interdits | E103(alkannine), E105 (jaune solide), E111(orange GGN), E121(rouge citrus n°2), E123(amarante), E125(ponceau SX), E126(ponceau GR), E130(manascorubine), E152(noir de carbone), E211(benzoate e sodium), E952 (cyclamate) |

I.5 Toxicité des additifs

Au cours de ces dernières années, la plupart des additifs sont considérés soit comme inoffensifs, ou plutôt comme douteux, voire même dangereux selon des rapports d'études (Lauré, 2013).

Mais très souvent, les additifs de synthèse peuvent se révéler dangereux pour la santé. C'est ce que dénonce de nombreuses études (**Madora, 2016**). D'où l'importance de savoir ce que contiennent nos aliments, de choisir nos aliments et de refuser tout aliment qui pourrait être nocif pour la santé. Pour cela les consommateurs doivent regarder attentivement la composition des aliments qu'ils achètent (**Madora, 2016**). Parmi les effets néfastes qu'ils peuvent engendrer, on distingue :

a- Effet cancérigène

Le but des études de cancérogénèse est de démontrer qu'une substance est capable ou non d'induire une prolifération anormale des cellules aboutissant à la formation de tumeurs.

Le bleu brillant FCF utilisé dans certains produits laitiers, bonbons et boissons a été interdit dans la plupart des pays européens en raison de son effet cancérigène démontré lors de tumeurs induites par le goudron étudié chez le rat (**kumar et al., 2019**).

Les nitrates et les nitrites se transforment à l'acide nitreux après digestion avec la nourriture et sont soupçonnés dans la précipitation du cancer de l'estomac (**Sharma, 2015**). Les nitrites provoquent la formation de nitrosamines cancérigènes. La formation des nitrosamines est appelée réaction de nitrosation et correspond au remplacement d'un hydrogène de l'atome d'azote d'une amine, secondaire ou tertiaire, par un groupement nitrosé (appartenant à un agent nitrosant : NO^+ , N_2O_3 , N_2O_4 , H_2ONO^+ , ces derniers étant formés en milieu acide à partir de l'ion nitrite) (**Gaiani, 2009**).

Une autre étude chez les rats, les souris, les porcs et les singes ont montré une cancérogénicité du foie. Certains anti-synthétiques oxydants produisent des métabolites toxiques après traitement thermique des denrées alimentaires, comme les gallates (**kumar et al., 2019**).

b- Hyperactivité

Certains additifs alimentaires tels que les salicylates, les colorants artificiels et les arômes directement ou par réaction avec d'autres ingrédients alimentaires produisent divers troubles physiologiques qui peuvent causer des réactions d'hypersensibilité ou hyperactivité et troubles neurophysiologiques en particulier chez les enfants (**Kumar et al., 2019**).

Des études ont testés l'influence des colorants et des conservateurs sur l'hyperactivité infantile. Pour cela, ils ont mis en place deux groupes d'enfants : l'un recevait un régime alimentaire contenant des colorants (dans une quantité comparable à celle qu'un enfant peut

consommer régulièrement), l'autre suivait un régime alimentaire sans colorants et recevait ainsi un placebo. En 2007, après expérimentation, il a été observé que dans le premier groupe certains des enfants devenaient hyperactifs alors que dans l'autre, aucun ne présentait de tels troubles. Par ailleurs, quand les colorants étaient retirés du régime ces troubles disparaissaient. Il semble donc y avoir un lien entre colorants et hyperactivité. Ces additifs interviendraient ainsi au niveau du système nerveux, provoquant une anomalie des récepteurs neuronaux, responsables de l'hyperactivité (Gaiani, 2009).

c- Allergies

Le vert solide FCF, qui donne une couleur verte aux pois verts, légumes, poissons, desserts, mélanges de boulangerie secs et sauces, ont montré des aberrations chromosomiques chez les souris et inhibition de la libération de neurotransmetteurs chez le rat après absorption par les intestins. Indigotine, utilisée comme matière colorante dans les comprimés et gélules, enrobage, glaces, confettis tonnaire, les biscuits, les bonbons et certains produits de boulangerie, s'est avéré être un allergène, comme asthme international (Mephram, 2011).

Les édulcorants peuvent provoquer des réactions allergiques. Par exemple l'aspartame en particulier doit impérativement être évité par les personnes qui souffrent de phénylcétonurie (maladie génétique rare) et qui sont allergiques à la phénylalanine, dont l'aspartame est une source. En revanche, la phénylalanine en elle-même ne pose pas de problèmes reconnus pour la population générale : c'est un acide aminé qui est présent à l'état naturel dans de nombreux aliments (Gaiani, 2009)

d- Problèmes intestinaux

Au cours des études de toxicité pharmacologique, certains émulsifiants ont montré une toxicité par des bactéries intestinale, les réponses immunitaires retardées, l'obésité et le syndrome du côlon irritable. Une autre étude a montré que les émulsifiants favorisent la translocation bactérienne dans laquelle les bactéries se déplace à travers les cellules épithéliales et finalement la maladie de Crohn se produit. Les émulsifiants perméable accrue de l'intestin par laquelle les bactéries intra-macrophages comme *Escherichia coli* envahit et entraîne la formation d'abcès, de granulomes et de fistules. Des recherches récente ont également suggéré que les émulsifiants favorisent l'inflammation de bas grade, qui modifie microbiologique de l'intestin et fournit des conditions suffisantes pour développer une maladie intestinale inflammatoire ou cancer colorectal (Aponso et al., 2017).

Les additifs alimentaires, dont les colorants, peuvent provoquer une diminution de l'absorption intestinale et un bouleversement de la flore intestinale. De même certains émulsifiants (E 338 à E 341, E 460 à E 466 et E 470 à E 477) irritent le tube digestif et perturbent la digestion. Ils seraient aussi responsables d'un ralentissement de l'absorption des nutriments au niveau de l'intestin grêle (**Gaiani, 2009**).

e- Accoutumance

Les exhausteurs de goût agiraient sur les neurones, empêchant le bon fonctionnement des mécanismes inhibiteurs de l'appétit. Par conséquent, plus on en mange, plus ils donnent faim et donc plus on a envie d'en manger (**Gaiani, 2009**).

Les édulcorants sont parfois déconseillés par les nutritionnistes parce qu'ils entretiendraient l'attrait pour le sucre. Ainsi, les consommateurs réguliers de produits sucrés avec des édulcorants intenses auront tendance à choisir des produits plus sucrés, ce qui pourrait favoriser notamment l'obésité en augmentant l'apport calorique (**Gaiani, 2009**).

De plus, d'après certaines études, la saveur sucrée pourrait inciter le cerveau à sécréter de l'insuline (hormone hypoglycémiante), alors qu'il n'y a aucun apport en glucose. Par conséquent la glycémie chuterait, entraînant une sensation de faim. Les édulcorants utilisés par les personnes obèses pour perdre du poids auraient donc un effet inverse à celui recherché. De nombreuses études cherchent ainsi à mettre en corrélation la prise d'aliments édulcorés et la sensation de faim, mais comme les résultats varient en fonction des conditions opératoires, rien n'est encore réellement démontré (**Gaiani, 2009**).

I.6 Effet d'accumulation

Suite à une demande de la Commission européenne, les groupes scientifiques responsable des additifs alimentaires, des arômes, des auxiliaires technologiques et des matériaux en contact avec les aliments (AFC) ont été invités à évaluer les résultats des études sur l'effet des mélanges d'additifs sur la santé, car les effets de consommation des aliments qui contiennent ces substances ingérées simultanément sont encore méconnus, si bien que la réglementation actuelle n'en tient pas compte pour fixer les doses maximales d'incorporation des additifs dans les produits alimentaires. Certains additifs peuvent être inoffensifs lorsqu'ils sont consommés isolément, et toxiques lorsqu'ils sont combinés à d'autres molécules (**Aguilar et al., 2008**).

Une étude publiée en 2007 par des chercheurs de l'université de Southampton au Royaume-Uni a conclu que l'exposition aux mélanges de 4 colorants synthétiques plus un conservateur le benzoate de sodium dans l'alimentation entraînent une augmentation hyperactivité chez les enfants de 3 ans et de 8 à 9 ans dans la population générale (**McCann et al., 2007**).

Selon des études conduites entre 2002 et 2005 sur des bonbons et des boissons sans alcool, il a été démontré que les colorants étaient fréquemment utilisés. Le benzoate de sodium est également souvent présent dans les boissons sans alcool. Le groupe AFC a conclu que les enfants qui consomment des bonbons et des boissons sans alcool très colorés peuvent être exposés à des niveaux comparables à ceux considérés dans le protocole de McCann et al. Étudier pour un ou plusieurs colorants alimentaires étudiés. Des niveaux comparables peuvent également être atteints chez les enfants qui consomment les boissons non alcoolisées colorées. Le niveau d'exposition au benzoate de sodium est également susceptible de se produire (**Aguilar et al., 2008**).

Une équipe de chercheurs britanniques a publié les résultats d'une étude en 2005, portant sur les interactions de quatre additifs alimentaires. Ils ont d'abord étudié les effets controversés de chaque additif : du E951 (aspartame), du E621 (glutamates de sodium) et de deux colorants, les E104 (jaune de quinoléine) et le E133 (bleu brillant), puis les effets des combinaisons du glutamate avec le bleu brillant et ceux de l'aspartame avec le jaune de quinoléine sur les cellules nerveuses de souris de laboratoire ont exercés un effet décuplé en freinant la croissance des cellules nerveuses dans des proportions bien supérieures à ce que l'on pourrait attendre aux vues de leur individuelle (**Gouget, 2007**).

Le comité britannique de toxicologie a évalué une étude sur le comportement des enfants, cette comité a suivie l'effet des additifs alimentaires dans les 2 mélanges donnés aux enfants étaient la tartrazine (E102), le jaune de quinoléine (E104), le jaune orangé (E110), le Ponceau 4R (E124), le rouge Allura AC (E129), la cramoisine (E122) et le benzoate de sodium (E211). L'étude a porté sur cent cinquante-trois enfants de 3 ans et cent quarante enfants de 9 ans, sélectionnés pour représenter un large éventail de comportements dans la population générale y compris les enfants ayant une activité comportementale normale à élevée (**Aguilar et al., 2008**).

Le sorbate de sodium est un conservateur chimique largement utilisés en industrie agroalimentaire, qui pourrait interagir avec d'autres additifs. D'après une étude publiée en 1998,

ils pourraient réagir avec les E249 à E252 (nitrite et nitrates) : la combinaison de ces molécules provoquer des malformations congénitales, et d'autres risques : asthme, urticaire, rhinites et des troubles digestifs (**Gouget, 2007**).

CHAPITRE II

La solution alternative aux additifs chimiques trouvée depuis des années est l'extraction de molécules naturelles afin de répondre aux exigences industrielles et aux impératifs économiques. Par contre cette solution reste inappropriée du point de vue environnemental à cause des procédés traditionnels d'extraction de ces molécules (**David, 2019**).

La valorisation de molécules naturelles possède un potentiel économique important et est un outil de développement d'un nouveau concept : la chimie verte. Ce concept s'est basé sur des techniques innovantes d'extraction et d'isolement des molécules bioactives des matrices végétales ainsi que sur le développement de nouvelles technologies dans le domaine de la chimie analytique qui a ouvert la porte à l'exploration de la flore (**Ben Rahal, 2012**).

II.1 Substances naturelles et leurs activités biologiques

Il s'agit d'extraits naturels issus de la faune ou de la flore, contenant une variété de molécules biologiquement active qui ont des intérêts multiples pouvant être mis à profit dans les différentes industries agro-alimentaire comme additifs alimentaires (**Hebi et Eddouks, 2016**), ayant des propriétés physico-chimiques bénéfiques (anti-tumorales, antivirales, antifongiques, antimicrobiennes, anti oxydantes, cicatrisantes ...). Parmi ces composées on peut citer les polyphénols, les vitamines et les caroténoïdes (**Jayaprakasha et al., 2000 ; Dorman et al., 2003 ; Sikora et al., 2008**).

II.1.1 Polyphénols

II.1.1.1 Définition

Ce sont des composés naturels bioactifs, ils constituent le groupe de métabolites le plus large et le plus répandu du règne végétal (**Araújo et al., 2020**). Les polyphénols sont des métabolites secondaires des plantes (**Auger et al., 2014**) qui possèdent plusieurs groupements phénols (**Figure 01**). Le phénol est un noyau aromatique sur lequel sont présents un ou plusieurs groupements hydroxyyles ($-OH$) (**Bennetau-Pelissero, 2014**).

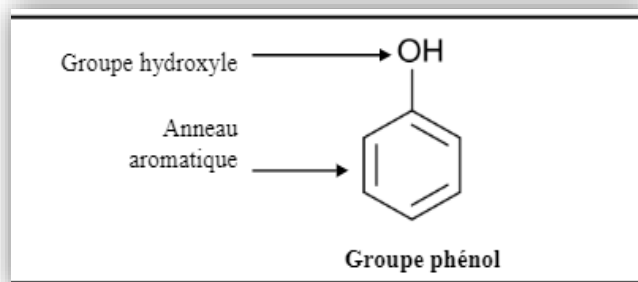


Figure 01 : Structure chimique d'un phénol (Manchado et Cheynier, 2006)

II.1.1.2 Classification

Les polyphénols forment un très vaste ensemble de substances chimiques, ils peuvent être classés (Figure 02) selon le nombre et la disposition relative de leurs atomes de carbones (annexe II).

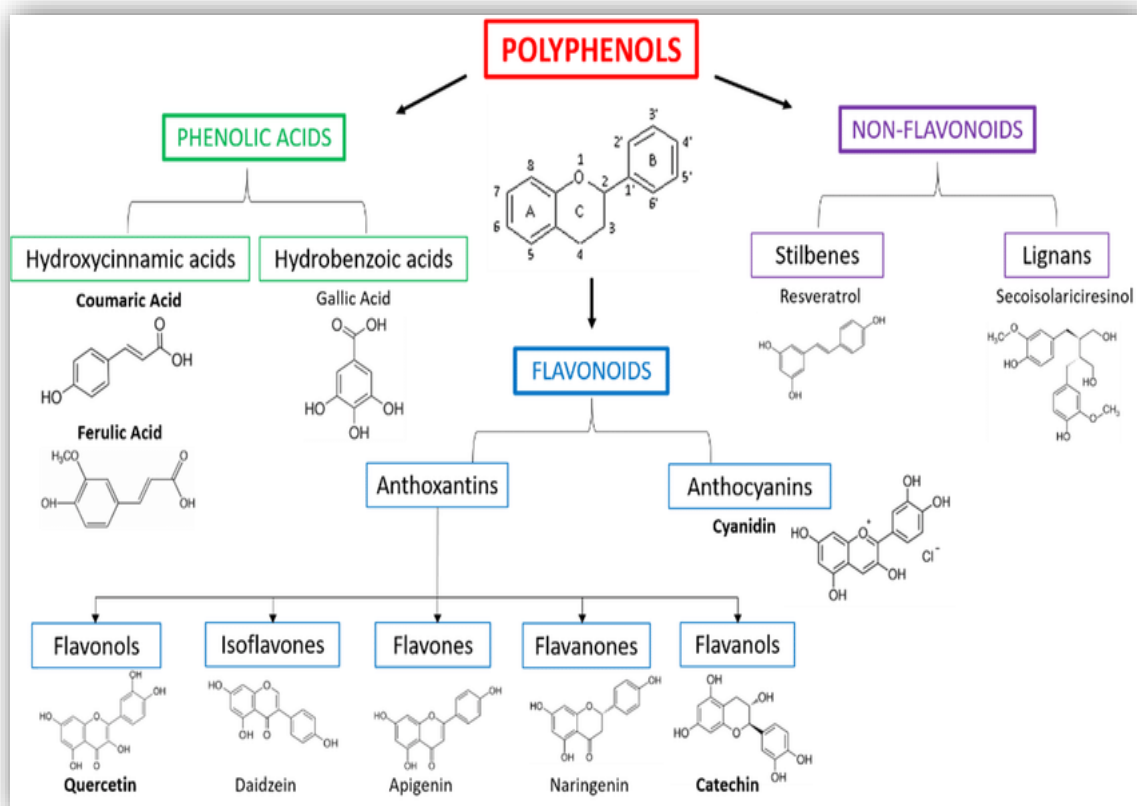


Figure 02 : Principales classes de composés phénoliques (Béconcini et al., 2020).

1.2.1 Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont présents en abondance dans les aliments ; Ils appartiennent à deux groupes, les acides hydroxy-benzoïque et les acides hydroxy-cinnamiques (**Vuolo et al., 2019**).

Les acides hydroxy-cinnamiques sont plus fréquents que les acides hydroxy-benzoïques et comprennent essentiellement les acides p-coumarique, caféique, férulique et sinapique (**Pandey et Rizvi, 2009**).

1.2.2 Les flavonoïdes

C'est le groupe le plus représentatif des composés phénoliques, ils ont formés d'un squelette à 15 atomes de carbone (C6-C3-C6). On peut distinguer notamment dans les flavonoïdes (**Vuolo et al., 2019**).

a. Les flavones

C'est des dérivés de la flavone (lutéoléine, apigénine, pigments jaunes existant dans les pellicules de raisins). Cette sous-classe se trouve être la moins abondante dans les fruits et légumes, les seules denrées comestibles connues à ce jour qui en possèdent sont le persil et le céleri (**Manach et al., 2004**).

b. Les flavanones

C'est des 2,3-dihydroflavones, ils sont rarement retrouvés dans les fruits sauf dans les agrumes ou ils sont les polyphénols majoritaires (**De la Rosa et al., 2019**).

Ils sont présents dans les tomates, la menthe, on les trouve aussi en quantités importantes dans le citron. Les principaux aglycones sont la naringénine dans le pamplemousse, l'héspéridine dans l'orange et dans le citron. La position 7 est le siège de la glycosylation (**El Gharras, 2009**).

c. Les flavanols (flavan-3-ols)

Ce sont des dérivés de 2,3-dihydro-2-phenylchromen-4-one, contiennent un noyau hétérocyclique saturé, pas de double liaison entre C2 et C3, et un groupe hydroxyle à le poste C3 (catéchine plus largement retrouvés) (**Singla et al., 2019**).

d. Les flavonols

Ce sont un sous-groupe de flavonoïdes dérivés de la 3-hydroxyflavone (3-hydroxy-2-phénylchromén-4-one en nomenclature) (De la Rosa et al., 2019). Ce sont les flavonoïdes les plus abondants dans l'alimentation. Les composés les plus représentatifs de cette famille sont le kaempferol et la quercétine (Lorenzo et al., 2021). Celle-ci est réputée de posséder un pouvoir antioxydant puissant en raison de sa structure chimique favorable au piégeage des radicaux libres (Manach et al., 2004).

e. Isoflavones

Ce sont des 3-phénylchromones, beaucoup moins répandues que les flavones ; Les produits dérivés du soja sont la principale source d'isoflavones dans l'alimentation, qui peuvent être glycolysés ou non, on les rencontre également dans les légumineuses (El Gharras, 2009).

f. Les Anthocyanes

Ce sont des pigments vacuolaires rouges, roses, mauves, pourpres, bleus ou violets de la plupart des fleurs et des fruits (Khoo et al., 2017). Ils sont caractérisés par l'engagement de l'hydroxyle en position 3 dans une liaison hétérosidique (les anthocyanosides), ils se trouvent en quantité importante dans certains fruits, en particulier dans les baies de fruits rouges (myrtilles, cassis...), ainsi que dans les raisins rouges, les fraises et les framboises (Perret et al., 2001 ; Raj Narayana et al., 2001).

1.2.3 Stilbène

Les membres de cette famille possèdent la structure C6-C2-C6 comme les flavonoïdes, ce sont des phytoalexines, composés produits par les plantes en réponse à l'attaque par les microbes pathogènes fongiques, bactériens et viraux. Les sources principales des stilbènes sont les raisins, les vins, le soja et les arachides (Singla et al., 2019).

1.2.4 Lignane

Ce sont des composés dont la formation implique la condensation d'unités phénylpropaniques (C6-C3). Leur distribution botanique est large, plusieurs centaines de composés ont été isolés dans environ soixante-dix familles (Saleem et al., 2006).

1.2.5 Tanins

Les tanins sont un groupe de polyphénols solubles dans l'eau, se localisent dans divers organes. Les plus fortes concentrations se rencontrent souvent dans toutes les parties de la plante : l'écorce, le bois, les feuilles, les fruits et les racines. Ils sont caractérisés par leurs haut poids moléculaire (500-3000) (Farha et al., 2020), leur saveur astringente et leur association aux glucides, protéines et aux enzymes digestives réduisant ainsi la digestibilité des aliments (Lochab et al., 2014). On peut considérer que les tanins sont des formes phénoliques condensées capables de se lier aux protéines en solution et de les précipiter (Macheix et al., 2005).

Du point de vue de la composition chimique, on distingue plusieurs catégories de tannins, tanins hydrolysables et tanins condensés étant les principales catégories et un autre groupe les phlorotannins qui est relativement récent.

a. Tanins hydrolysable

Les tanins hydrolysables ou acides tanniques sont des polymères de l'acide gallique ou de son produit de condensation ; l'acide éllagique. Comme leur nom l'indique, ces tanins sont facilement hydrolysables par les acides, les enzymes (tannase) et/ou de l'eau chaude (Mukherjee, 2019).

b. Tanins condensés

Les tannins condensés sont des composés non hydrolysables ayant un poids moléculaire plus élevé, issus de la polymérisation d'unités flavan-3-ols en dimères, oligomères (2-10 monomères) et polymères (>10 monomères), qui sont hydroxylés en position 3. Cette condensation leur confère une structure voisine à celle des flavonoïdes. La variation structurelle des tanins condensés est due aux différentes unités, aux positions, orientations et types des liaisons inter-flavonoïdes. Les unités flavan-3-ols les plus courantes trouvées dans les tanins condensés comprennent la catéchine, l'epicatéchine, la gallocatéchine et l'épigallocatéchine (Naumann et al., 2017).

c. Phlorotannins

Les phlorotannins sont un groupe spécifique de polyphénols produits par les algues brunes reconnues pour leur large gamme de propriétés biologiques potentielles qui sont bénéfiques pour l'homme (Gómez-Guzmán et al., 2018 ; Rajauria et al., 2016), dotés d'activités antioxydantes, antimicrobienne, antiviral, anticancéreux, activités anti-inflammatoires et antidiabétiques (Ummat et al., 2020).

En raison de leurs bienfaits nutritionnels pour la santé, les polyphénols d'algues sont de plus en plus étudiés pour leur éventuelle utilisation en nutraceutique, aliments fonctionnels et applications cosmétiques (**Fernando et al., 2021**).

II.1.1.3 Activités biologiques des polyphénols

Les recherches récentes sur les composés phénoliques en générale sont très poussées, en raison de leurs divers propriétés biologiques : ils agissent comme des agents antimicrobiens, antivirale, anti-inflammatoire, anticancéreux, de plus ils possèdent un pouvoir antioxydant élevé.

II.1.1.3.1 Activité antioxydante

La principale caractéristique des polyphénols est qu'ils sont des agents antioxydants très puissants (**Frei et Higdon, 2003 ; Oszmianski et al., 2007**) qui assurent une meilleure conservation des denrées alimentaires en empêchant la peroxydation lipidique. En effet, ils sont capables de piéger les radicaux libres et d'activer les autres antioxydants présents dans le corps. Cette activité antioxydante permet aux polyphénols de réguler les radicaux bon-mauvais (qui peuvent être les deux), comme l'oxyde nitrique qui favorise une bonne circulation sanguine, coordonne l'activité du système immunitaire avec celle du cerveau et module la communication entre les cellules de ce dernier (**Srivastava et al., 2000 ; Kenny et al., 2007**).

Les principaux mécanismes d'activité antioxydante sont : le piégeage direct des espèces réactives de l'oxygène (ERO), l'inhibition enzymatique et la chélation des ions métalliques (**Halliwel, 1994**).

La capacité antioxydante de plusieurs fruits est due à la présence des flavonoïdes, en fait, la plus part des composés phénoliques montrent un pouvoir antioxydant élevé en comparant avec les autres antioxydants connus: vitamine C, vitamine E.

II.1.1.3.2 Activité antimicrobienne

Les composés polyphénoliques sont reconnus être synthétisés par les plantes en réponse aux infections microbiennes, de ce fait ces substances sont efficaces envers un large spectre de microorganismes. (**Boulekbache et al., 2013**).

L'activité antimicrobienne de différentes molécules phénoliques a été testée, les recherches démontrent que cette activité est très puissante mais aussi variable selon la molécule et/ou les microorganismes considérés. (**Djenadi, 2011**).

L'activité antimicrobienne des polyphénols, est bien documenté (Al-Zoreky, 2009). En outre, les activités antimicrobiennes de ces extraits bruts sont difficiles à corrélés à un composé spécifique en raison de leur complexité et leur variabilité et de l'effet de synergie. Néanmoins, certains chercheurs ont notés que l'activité antioxydante et antibactérienne des composés phénoliques sont en relation avec le nombre de phénols et de fonctions liés au noyau phénoliques (Djenane et al., 2012).

II.1.2 Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles de couleur jaune, orange ou rouge (Bandalac, 2020). Ainsi, environ 1100 caroténoïdes ont été identifiés dans la nature, Actuellement, les caroténoïdes sont classés en fonction de la présence d'oxygène ; carotènes dépourvus d'oxygène (hydrocarbure pur) et les xanthophylles contenant de l'oxygène dans leur structure chimique (Genç et al., 2020), parmi les principaux caroténoïdes, le β -carotène (provitamine A), l' α -carotène, le lycopène et la lutéine, la fucoxanthine. Ils exercent une activité antioxydante grâce à leur structure chimique comportant une longue chaîne polyénique riche en doubles liaisons conjuguées susceptibles d'être très réactive. Cet aspect chimique permet aux caroténoïdes de neutraliser l'oxygène singulier et des radicaux libres (Pérez-Gálvez et al., 2020). En plus de leurs capacités antioxydantes, ils ont la possibilité d'être utilisés comme colorants alimentaires (Lourenço et al., 2019).

II.1.3 Vitamines

Concernant les vitamines, les plus importantes en terme d'activité antioxydante et antimicrobienne sont les Vitamines E et C (Lourenço et al., 2019).

- **Vitamine E** : C'est une vitamine liposoluble qui se trouve principalement dans les huiles végétales et les graines de plantes. La vitamine E, a une capacité antioxydante en piégeant les radicaux libres. Elle est constituée d'un groupe de composés chimiques composé de quatre tocophérols et quatre tocotriénols, comprennent quatre isomères (α , β , γ et δ), mais seul l' α -tocophérol peut être absorbé par le corps humain. On la trouve principalement dans les légumineuses et les céréales (Lourenço et al., 2019).
- **Vitamine C** : C'est l'acide ascorbique qui est soluble dans l'eau, que l'on trouve particulièrement dans les fruits et les légumes. La vitamine C est un antioxydant hydrosoluble majeur, la plupart des mammifères sont capables de la synthétiser dans

leur foie ou dans leurs reins, contrairement à l'homme qui doit se la procurer par l'alimentation (**Haleng et al., 2007**).

II.1.4 Oligo-éléments

Les oligoéléments sont des éléments chimiques présents dans le corps humain en concentration inférieure à 0,01 %. Ce sont des éléments qui doivent être apportés par l'alimentation. Les oligo-éléments antioxydants sont des micronutriments qui sont fortement impliqués dans l'homéostasie énergétique. Il s'agit principalement du cuivre, du manganèse, du sélénium et du zinc. (**Dusek et al., 2015**).

II.2 Techniques d'extraction des composés bioactifs

L'efficacité des extraits obtenus à partir de végétaux terrestres ou marins dépend en grande partie de l'extraction des quantités maximales des composés bioactifs avec le plus faible degré de dégradation de ces derniers, et des quantités minimales de substances non antioxydantes, telles que les sucres et les acides organiques (**Chandrasekhar et al., 2012**).

Parmi les différentes étapes d'obtention de molécules bioactives, l'étape d'extraction, est généralement de type solide-liquide ; autrement dit que la matière végétale (solide) est mélangée dans un liquide (le solvant d'extraction), qui a pour but la désorption des molécules d'intérêt des sites actifs de la matrice végétale. Cette étape est primordiale puisqu'elle déterminera la nature et la quantité des molécules extraites et par conséquent le succès des étapes suivantes (**Thomas, 2011**).

Dans les méthodes traditionnelles, un équipement simple est utilisé. Les techniques utilisées sont considérées comme des techniques de choix pour l'extraction de composés naturels. Néanmoins les temps d'extraction, la qualité et la quantité des solvants organiques utilisés et rejetés en tant que déchets sont discutables (**Alirezalu et al., 2020**), c'est pour cela qu'au fil du temps, ces méthodes ont été développées et améliorées afin d'augmenter l'efficacité et la sélectivité d'extraction et pour réaliser une extraction plus rapide et avec une moindre utilisation de solvants (**Cheok et al., 2014**).

II.2.1 Méthodes d'extraction conventionnelles

La plupart de ces techniques sont basés sur l'affinité des molécules pour différents solvants et sur l'utilisation de chauffage et/ou d'agitation (**Azmir et al., 2013**) ; elles sont caractérisées par l'utilisation de grandes quantités de solvants généralement toxiques et de temps plus long.

Parmi ces techniques : (**Cheok et al., 2014**).

- La macération
- L'extraction par chauffage à reflux (ébullition au reflux) aussi connu sous le nom de montage à reflux et par soxhlet, (son principal inconvénient est la nécessité de chauffer les solvants jusqu'à leur point d'ébullition pendant l'extraction, ce qui peut entraîner la dégradation des molécules thermosensibles (**Azmir et al., 2013 ; Dimitrios et al., 2006 ; Wang et al., 2006**).
- La combinaison de ces techniques (**Heng et al., 2013**). Cette technique consiste à utiliser deux méthodes d'extraction conventionnelles successivement dans le but d'obtenir des molécules bioactives hautement purifiées (**Cheok et al., 2014**).

De nombreuses recherches ont été menées dans le but d'éviter certains inconvénients des procédés d'extractions conventionnels (**Tableau IV**) et qui ont conduit aux développements de nouvelles méthodes d'extraction (**Ben Rahal, 2012**).

Tableau IV. Avantages et les inconvénients des techniques conventionnelles.

| Avantages | Inconvénients |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Simplicité ➤ Bonne reproductibilité | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Grands volumes de solvant ➤ Période d'extraction longue ➤ Risque d'oxydation des composés bioactifs extraits |

II.2.1 Techniques d'extraction vertes (les techniques d'extraction non conventionnelles).

Les risques de sécurité, tels que la toxicité des solvants et la présence de résidus de solvants dans les extraits, ainsi qu'un faible rendement, ont stimulé le développement d'autres technologies d'extraction, telles que les technologies propres ou vertes, qui peuvent minimiser ou éliminer l'utilisation des solvants organiques.

- L'extraction verte est basée sur la découverte et la conception de procédés d'extraction qui réduiront l'énergie de consommation, permet l'utilisation de solvants alternatifs et de produits naturels renouvelables, et assurer un extrait de haute qualité. (**Azmir et al.,**

2013), elles sont caractérisées par la rapidité, sélectivité, utilisation de faible volume en solvant et augmentation du rendement d'extraction.

Les techniques d'extractions verte se résument essentiellement en : (Pateiro et al., 2021)

II.2.2.1 Extraction assistée par ultrasons

L'extraction assistée par ultrasons (EAU) consiste à traiter sous ultrasons un solide en contact avec un solvant. Ce phénomène consiste à créer des bulles de cavitation dans le solvant permettant de dénaturer la paroi de la cellule végétale. Les ultrasons permettent d'accélérer l'extraction et de réduire le ratio solvant/soluté ce qui conduit à un meilleur rendement d'extraction des composés bioactifs (Cheok et al., 2014). De plus, les ultrasons peuvent également être appliqués en combinaison avec d'autres méthodes, telles que l'extraction au Soxhlet, l'extraction par micro-ondes, l'extraction supercritique des fluides (Chemat et al., 2017). La technique d'extraction assistée par ultrasons a été utilisée dans l'extraction de composés bioactifs, tels que les caroténoïdes des déchets de grenade (Goula et al., 2017), les composés phénoliques de marc de bleuet (Bamba et al., 2018) et les huiles d'origine végétale. Cette technique a également été utilisée comme technique complémentaire aux conventionnels (Figure 03).

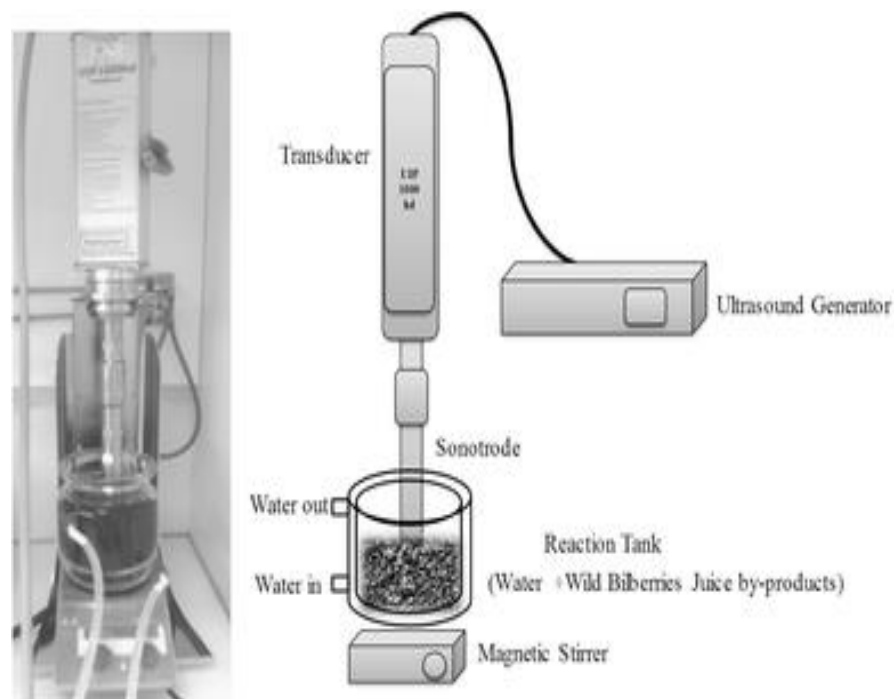


Figure 03 : Equipement d'extraction assistée par ultrasons (Petigny et al., 2013).

II.2.2.2 Extraction assisté par fluide supercritique

L'extraction par fluide supercritique (EAFS) est une technique d'extraction verte utilisée pour l'extraction d'une grande variété de molécules bioactives, ce procédé est efficace et respectueux de l'environnement par rapport à l'extraction conventionnelle par solvant organique, car il utilise comme solvants des fluides dans leurs états supercritiques, évitant l'utilisation de grandes quantités des solvants organiques dans l'industrie alimentaire. De plus, cette méthode est réalisée en l'absence de la lumière et l'oxygène, ce qui réduit la dégradation des composés (Blev *et al.*, 2008 ; Bimakr *et al.*, 2011). Cependant, le principe de l'extraction par les fluides supercritiques est lié à la variation du pouvoir solvant du fluide selon sa pression et température. L'extraction peut être réalisée soit sur une matrice solide (extraction liquide-solide) préalablement broyée, soit sur une matrice liquide (extraction liquide-liquide) (Zermane, 2010).

Le dioxyde de carbone (CO_2) est le solvant le plus couramment utilisé dans l'extraction par fluide supercritiques (Ligor *et al.*, 2018) car il présente des avantages notables : non toxique, non polluant, non inflammable, largement disponible à de très hauts degrés de pureté (jusqu'à 99,99 %). De plus ces paramètres critiques sont faibles ($T_c = 31\text{ °C}$, $P_c = 73,8\text{ bar}$) ce qui en fait un solvant « vert » ayant des applications industrielles tout à fait innovantes (Ignat *et al.*, 2011).

II.2.2.3 Extraction assistée par micro-ondes

L'utilisation des micro-ondes (MAE) est une autre méthode d'extraction verte qui consiste à traiter sous micro-ondes un solide, sec ou humide, en contact avec un solvant partiellement ou totalement transparent aux micro-ondes. Ce procédé a pour vocation d'être une méthode d'extraction utilisable pour un grand nombre de matrices solides telles que les végétaux. Dans MAE, la matière végétale utilisée est généralement sèche. Toutes fois les cellules des matières contiennent toujours des petites traces d'humidité. Cette humidité ciblée par les radiations micro-onde, une fois chauffée par l'énergie s'évapore et produit une pression énorme sur les parois des cellules qui finissent par se rompre. Cette rupture libère les constituants des cellules vers le solvant organique (Berteaud et Delmotte, 1993 ; Desai *et al.*, 2011; Gatidou *et al.*, 2004; Zhou et Lui, 2006).

Cette technique est basée sur l'impact direct sur des composés polaires. Cette technique offre une livraison rapide d'énergie à un volume total de solvant et de matrice solide avec un chauffage ultérieur efficace et homogène des deux phases. Il permet de réduire le temps d'extraction et les volumes de solvant, et peuvent être effectués dans des systèmes ouverts ou fermés. Dans ce dernier cas, le solvant et l'échantillon sont contenus dans des récipients scellés sous une température contrôlée et une pression. Les récipients fermés permettent à la température du solvant de s'élever au-dessus de son point d'ébullition, ce qui diminue le temps d'extraction et augmente par la suite l'efficacité d'extraction (Ballard *et al.*, 2010). Cependant, quand les solvants sont non polaires ou volatils, l'efficacité de cette méthode peut être très faible (Wang *et al.*, 2006).

Plusieurs classes des composés, tels que les huiles essentielles, les antioxydants, les pigments, les arômes et d'autres composés organiques, peuvent être efficacement séparés à l'aide de cette méthode (Li *et al.*, 2013). L'équipement utilisé dans cette technique est illustré dans la **figure 04**.

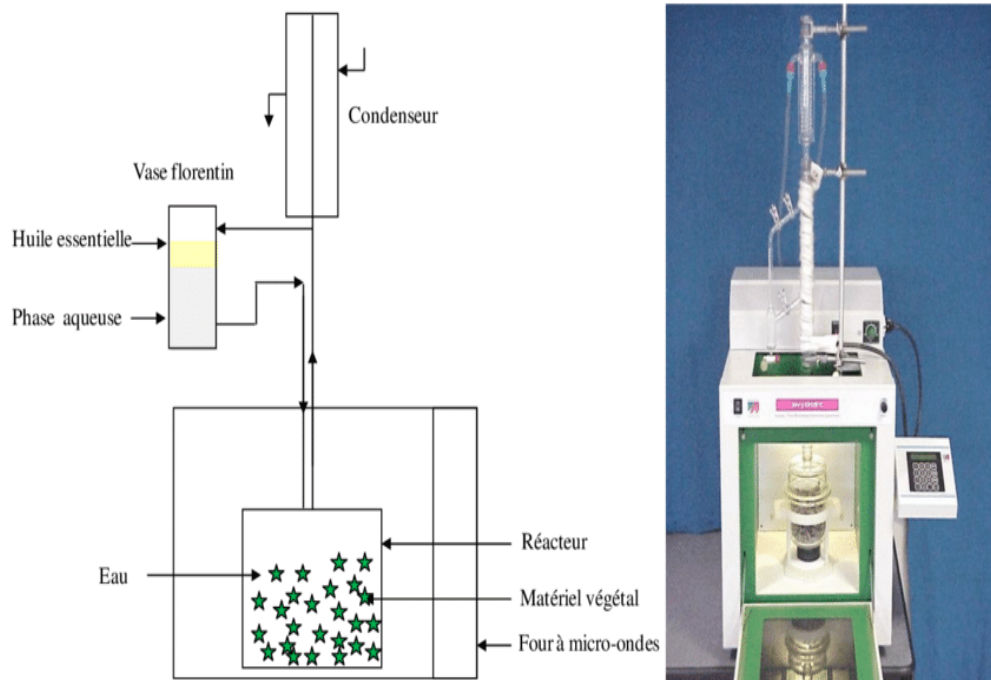


Figure 04 : Equipement d'extraction assistée par micro-ondes (Chemat et Lucchesi, 2005).

II.2.2.4 Haute pression hydrostatique et extraction liquide sous pression

Dans les procédés Haute pression hydrostatique (HPP) et extraction liquide sous pression (ELP), la pression est appliquée afin d'augmenter le taux de transfert de masse entre les matrices solides et le solvant d'extraction. Les avantages de ces méthodes est la rapidité et l'efficacité d'extractions de composés actifs. Cependant, une pression élevée peut améliorer l'efficacité d'extraction, mais avec des coûts d'investissement plus élevé.

Lors de l'application de HHP, un mélange matière première/solvant est scellé hermétiquement dans un emballage et introduit dans un récipient contenant un milieu de transmission de pression (par exemple, de l'eau, hydrophile et solvants organiques lipophiles à différentes concentrations) (Socaci *et al.*, 2018 ; Briones-Labarca *et al.*, 2019), à une température ambiante, qui est un avantage lorsque des composés sensibles à la chaleur sont impliqués (Briones-Labarca *et al.*, 2015) .

ELP : Ce procédé a été utilisé pour extraire plusieurs composés bioactifs, dans ce procédé, le mélange matière/solvant est directement introduit dans une cuve fermée, par des pressions élevées et des températures (40 à 200°C) qui sont appliqués, ce qui permet une extraction à durée courte (3–20 min). Les solvants sous pression restent à l'état liquide au-dessus de leur point d'ébullition permettant une extraction à haute température. Il y a une amélioration de la solubilité des composés et de la cinétique de désorption des matrices (Ju *et al.*, 2003).

II.2.2.5 Extraction assistée par champ électrique pulsé

Le procédé d'extraction assistée par champ électrique pulsé (PEF ou CEP) : C'est un traitement non-thermique sélectif de très courte durée, généralement de quelques microsecondes à quelques millisecondes, elle repose sur la destruction de la paroi cellulaire pour améliorer l'extraction par solvant suivant l'exposition au champ électrique, augmentant ainsi le rendement d'extraction (Bénédicte, 2016). Un potentiel électrique traverse la membrane cellulaire et sépare les molécules selon leurs charges, cette répulsion forme des pores, augmentant leurs perméabilités (Azmir *et al.*, 2013 ; Rajha *et al.*, 2015) .

. Cette technique permet la lyse de la paroi cellulaire améliorant ainsi l'extraction tout en réduisant les temps d'opération (Toepfl *et al.*, 2006). De plus, cette méthode permet de maintenir une température relativement faible, ce qui limite la dégradation de composé

thermolabiles (**Ade-Omowaye et al., 2001**). L'efficacité de ce traitement dépend donc, entre autre, de la force du champ électrique appliqué, de la température et de la biomasse à extraire (**El-Belghiti et al., 2005**).

II.2.2.6 Extraction assisté par enzyme (EAE)

Dans les matières végétales, la plupart des composés biologiquement actifs sont situés à l'intérieur des cellules enfermées par la paroi cellulaire pectocellulosique comprenant une structure cellulosique bien organisée à base de sucre-alcools et des liaisons d'éther. De plus, plusieurs composés phénoliques sont reliés à la paroi cellulaire (polysaccharides). Par conséquent, les molécules bioactives liées sont difficiles à extraire. La méthode d'extraction assistée par enzyme (EAE) est un traitement enzymatique qui ne peut que perturber l'intégrale structure de la paroi cellulaire végétale dans des conditions de traitement modérées pour améliorer la libération des molécules bioactives libres (**Patil et al., 2021**).

Les méthodes EAE sont dites « vertes ». Elles permettent de meilleur rendement que les méthodes n'utilisant que des produits chimiques, avec des réductions de temps, des quantités des solvants et/ou d'énergie (**Azmir et al., 2013**) ; L'efficacité de ces méthodes dépend de l'enzyme utilisé, de sa concentration, de la taille des particules à traiter ainsi que du temps d'exposition entre l'enzyme et la biomasse (**Niranjan et Hanmoungjai, 2004**). Ainsi, **Wang et al., (2012)** ont démontrés que la combinaison d'un prétraitement biologique et d'une extraction pressurisée à l'eau chaude permet d'augmenter les rendements jusqu'à 2,7 fois par rapport à l'extraction à l'eau chaude seule. Dans un premier temps, les enzymes produites par les champignons vont hydrolyser la matrice lignocellulosique. Les composés solubles sont ensuite extraits lors de l'extraction.

Tableau V. Résumé des avantages et inconvénients des méthodes d'extraction modernes (Khoddami et al., 2013).

| Technologie | Avantages | Inconvénients |
|-------------|--|--|
| UAE | <p>Lyse cellulaire : augmentation possible des rendements d'extraction.</p> <p>Diminution du temps d'opération.</p> <p>Diminution possible de la quantité de solvants.</p> <p>Température suffisamment basse pour préserver les molécules thermolabiles.</p> | <p>Problème de répétabilité et de reproductibilité lors de l'utilisation de sonde à ultrasons. Problème non observé avec un bain à ultrasons.</p> <p>Moins efficace sur des cellules rondes.</p> |
| SFE | <p>Méthode sélective.</p> <p>Obtention de composés de grande pureté.</p> | <p>Coûts d'investissements.</p> <p>Pressions d'opération élevées.</p> <p>Température généralement élevée : dégradation des composés thermolabiles.</p> |
| MAE | <p>Chauffage rapide et uniforme</p> <p>Équipements compacts</p> <p>Démarrage rapide</p> <p>Court instant</p> <p>Moins de solvant et d'énergie</p> | <p>Consommation d'énergie élevée</p> <p>Dégradation thermique de certains Composants</p> |
| EAE | <p>Température modérée</p> <p>Rupture sélective</p> | <p>Processus lent</p> <p>Recyclage enzymatique et coût.</p> |
| PEF | <p>Réduction des temps d'opération.</p> <p>Réduction de la quantité de solvant utilisée</p> | <p>Pressions d'opération élevées.</p> <p>Température élevée : dégradation des composés thermolabiles.</p> |

CHAPITRE III

Les substances d'origine naturelle ont été étudiées dans un large éventail d'applications, comme conservateurs dans plusieurs produits alimentaires tels que les viandes, les huiles, vinaigrettes, produits laitiers et produits de boulangerie (**Baines et Seal, 2012**).

III.1 Utilisation des substances naturelles comme agents antioxydants

III.1.1 Dans les produits carnés

Les viandes (fraîches et transformées) sont considérées comme un élément fondamental de l'alimentation humaine en tant que source de protéines et de vitamines (**Lorenzo et Pateiro, 2013**). Les produits carnés sont très sensibles à l'oxydation qui est principalement associée à la présence de radicaux libres qui provoquent la production de différents composés (comme des aldéhydes ou des cétones). Actuellement, cette oxydation est prévenue ou retardée par l'utilisation d'antioxydants synthétiques qui sont également utilisés pour préserver les attributs sensoriels de ces aliments. Parmi ces additifs chimiques, l'acide ascorbique, hydroxy toluène butylé (BHT), hydroxyanisole butylé (BHA), ainsi que les nitrites et les nitrates (**Hasler, 2000; Lajolo, 2002 ; Pereira et al., 2015**), ils peuvent prolonger la durée de conservation des produits carnés. Cependant, leur utilisation controversée a redirigé les industriels vers les antioxydants naturels pour répondre à la demande des consommateurs (**Fernandes et al., 2018**).

Les baies sont une bonne source des composés bioactifs tels que les polyphénols (dont les acides phénoliques, les flavonols, anthocyanes, tanins) qui peuvent être utilisées comme alternative potentielle aux additifs synthétiques (**Skrovankova et al., 2015**).

Les bleuets sont des baies connus pour contenir une grande gamme de composés phénoliques (flavanols, tanins et anthocyanes). En plus d'une teneur élevée en vitamines C et E, ils contribuent à une haute capacité antioxydante (**Shi et al., 2017**). L'un des polyphénols les plus importants dans les bleuets sont les acides chlorogéniques qui ont une activité antioxydante puissante. Ces derniers sont des additifs antioxydants naturels dans la charcuterie (**Hur et al., 2013**).

Muzolf-Panek et al., (2016) ont rapportés que l'ajout d'extrait de bleuet à la viande a augmenté la stabilité du produit pendant le temps de stockage.

Jia et al., (2012) ont étudié l'influence des extraits de cassis sur l'oxydation des lipides et des protéines dans les steaks hachés. Ils ont rapporté que les steaks hachés additionnés d'extraits de cassis ont présenté des valeurs de Thio barbiturique (TBAr) significativement

plus faibles par rapport aux témoins (TBARS : coproduits formés au cours de la peroxydation des acides gras insaturé qui permettent de quantifier l'état d'oxydation). L'ajout de 5, 10 et 20 g/kg d'extraits de cassis réduit les valeurs TBARS de 74, 90 et 92%, respectivement.

Une étude pertinente sur l'utilisation d'extraits de plantes pour l'allongement de la durée de conservation de la viande a été rapporté par **Zhang et al., (2016)**. En ralentissant l'oxydation des lipides, les changements de couleur et la perte de la qualité sensorielle, les extraits d'origan riches en composés phénoliques et en terpènes ont été associés à une meilleure durée de conservation des produits carnés. **Fernandes et al., (2017)**. Ils ont étudiés l'effet de ces extraits sur la formation des produits d'oxydation à partir des fractions lipidiques et des protéiques dans les steaks d'agneau pour burger, ils ont rapporté que ces produits ont été réduites par rapport aux échantillons témoins pendant le stockage (20 jours à 18° C). La préservation de la couleur a également été signalées par les auteurs. Dans une autre étude, la combinaison d'huile essentielle d'origan et d'extrait de thé vert (1%) a amélioré la stabilité sensorielle des tranches de jambon cuites (21 jours à 2°C). En utilisant cette combinaison, les auteurs ont observé que les échantillons élaborés avec ce mélange avaient de meilleurs résultats pour la couleur, la décoloration de la surface et l'odeur pendant toute la durée du stockage. (**Pateiro et al., 2019**).

L'utilisation d'extraits de poudre de sauge (un sous-produit de traitement de la sauge) a été testée comme source de composés bioactifs pour conserver les saucisses de porc fraîches (**Šojic et al., 2018**). Les résultats de cette expérience ont indiquées que le développement de l'oxydation des lipides a été inhibé, en particulier après six jours de stockage à la fois par l'huile essentielle et l'extrait au CO₂ supercritique (0,00, 0,05 et 0,10 µL/g). En outre, les échantillons élaborés avec de l'huile essentielle de sauge et les extraits de CO₂ supercritiques ont eu des niveaux inférieurs (indiquant une meilleure préservation des attributs sensoriels) que l'échantillon témoin.

Dans un autre travail effectué par **Pateiro et al., (2018)**, les chercheurs ont essayé d'améliorer la durée de conservation du jambon cuit tranché (21 jours à 2°C) en utilisant des extraits de thé vert. En utilisant un emballage actif formulé à base d'extrait de thé vert (1%) celui-ci c'est avéré être efficace dans la préservation de la couleur de la viande. Les propriétés antioxydantes du thé vert sont dues à la présence de catéchine, épi catéchine, epigallocate d'échine, épigallocatechine, épigallocatechine (Higdon et Frei, 2003 ; Zandi et Gordon, 1999). Les catéchines du thé vert ont des activités de piégeage des radicaux libres et de chélation des métaux. C'est pour cela que, les extraits de thé vert sont utilisés comme additifs antioxydants dans les aliments (**Manzocco et al., 1998**).

McCarthy *et al.*, (2001) ; Tang *et al.*, (2001) ; Mitsumoto *et al.*, (2005) ; Nissen *et al.*, (2004) ont utilisés les catéchines du thé dans la conservation de viande de bœuf, de porc et de volaille.

Des extraits de *Rosmarinus officinalis* L., plus communément appelé romarin, ont été approuvés pour une utilisation dans l'UE en tant qu'additif alimentaire E932 en vertu du règlement 1333/2008 du Parlement et le Conseil européen. Les extraits de romarin sont actuellement largement utilisés pour augmenter la durée de conservation des aliments (la viande, le poisson et les huiles). Les extraits de romarin sont caractérisés par deux composés antioxydants : le carnosol et l'acide carnosique. Puis la Commission européenne a approuvé l'utilisation d'extrait de romarin en 2010. (de Raadt *et al.*, 2015).

Bien que l'effet synergique entre les composés sont importants pour l'activité antioxydante des extraits, les industries recherchent des molécules spécifiques pour réaliser ces effets. L'acide carnosique, un dérivé de l'acide hydroxy benzoïque, est un constituant connu de l'extrait de romarin et qui est censé avoir l'effet antioxydant le plus important. Il est utilisé dans les huiles et graisses animales, sauces, produits de boulangerie, boulettes de viande et les poissons (Naveena *et al.*, 2013 ; Bitriç *et al.*, 2015).

Hra *et al.*, (2000) ont rapportés que l'extrait de romarin présentait une activité antioxydante supérieure à l' α -tocophérol. Il a été rapporté que l'oléorésine de romarin contenait plusieurs composants tels que le rosmanol, la rosmariquinone, le rosmaridiphénol et le carnosol qui peuvent être jusqu'à quatre fois plus efficaces que le BHA et équivalents au BHT en tant qu'antioxydant.

III.1.2 Dans les produits laitiers

Le lait en poudre et les produits laitiers concentrés similaires, tels que le lait concentré, les préparations de crème glacée, les crèmes à café et les garnitures de confiserie à base de lait entier, sont très sensibles à l'oxydation et ils ont une durée de conservation très limitée en raison de leur teneur élevée en matières grasses et de leur composition nutritionnelle (Gad *et Sayd*, 2015).

Bandyopadhyay *et al.*, (2007) ont démontrés que l'utilisation de la betterave (*Beta vulgaris*), de la menthe (*Mentha spicata* L.) et du gingembre (*Zingiber officinale* L.) seuls ou en association pour enrichir le sandesh (un produit laitier indien), a amélioré la stabilité oxydative du Sandesh avec la même efficacité que les les antioxydant de synthèse.

Caleja et al., (2016) ont rapporté que les yaourts additionnés d'extraits aqueux de *Foeniculum vulgare* (Fenouil) et *Matricaria recutita* L. (camomille) avaient une activité antioxydante plus élevée que l'additif synthétique additionné, à savoir, sorbate de potassium : E202). La camomille a montrée l'activité antioxydante la plus élevée, tandis que le fenouil et les additifs synthétiques ont montrés une activité antioxydante très similaire dans le yaourt. Après sept jours de stockage, le sorbate de potassium a perdu sa capacité antioxydante de façon significative par rapport aux extraits naturels. Des études similaires ont rapporté que l'activité antioxydante des yaourts a été renforcée par la présence d'extraits naturels, par exemple dans des études avec des yaourts enrichis en fruit du dragon rouge et blanc (**Zainoldin et Baba, 2009**), extrait de raisin (**Karaaslan et al., 2011**), grains de raisin (**Chouchouli et al., 2013**) ou avec des extraits de mûre sauvage (**Martins et al., 2014**). Par ailleurs, **O'Sullivan et al., (2014)** ont étudiés l'effet d'addition d'extraits de deux algues brunes *Ascophyllum nodosum* et *Fucus vesiculosus* à des concentrations de 0,25 et 0,5%. , sur la stabilité oxydative du yaourt, celle-ci a été amélioré en présence d'extrait comparativement au témoin avec une meilleure activité pour *ascophyllum nodosum*, ouvrant une potentialité d'utilisation des extraits d'algues comme antioxydants naturels.

Le potentiel antioxydant et antimicrobien de macérat de *Matricaria recutita* L. (camomille) et de *Foeniculum vulgare*. (Fenouil) (riches en composés phénoliques tels que quercétine-3- O- glucoside et acide 5- O- caféoylquinique, ou di-caféoyl-2,7-anhydro-3-acide désoxy-2-octulopyranosonique et lutéoline- O -glucuronide, respectivement) a été testé dans le fromage type cottage par **Caleja et al., (2015a)** et **Caleja et al., (2015b)**, ces auteurs ont démontrés l'efficacité de leur utilisation comme conservateurs dans le cottage. D'autre part, **Kilcawley et al., (2007)** ont testés l'utilisation du romarin pour lutter contre la lipolyse excessive dans le cheddar qui est largement associée au rancissement oxydatif. Cette étude a démontré que l'utilisation de l'oléorésine de romarin a un grand potentiel en tant qu'antioxydant pour inhiber l'oxydation dans le fromage affiné. Par conséquent, l'utilisation d'extrait de romarin comme antioxydant naturel pourrait augmenter la durée de conservation du fromage ou de la poudre de fromage en inhibant l'oxydation.

III.1.3 Dans les produits de boulangeries

Kozłowska et al., (2019) ont étudiés la stabilité oxydative des fractions lipidiques extraites de galette de génoise additionnées d'extraits de thé vert et d'antioxydant synthétique (BHA) directement après la cuisson et après 28 jours de stockage. Ceci a été réalisé par le dosage du peroxyde, de la p-anisidine et mesure de l'acidité et en utilisant le test du Rancimat. Les

résultats ont montrées que les fractions lipidiques extraites de gâteaux de génoises additionnée de BHA (0,02%) et l'extrait de thé vert à des concentrations de 1% présentaient une plus grande résistance à l'oxydation que celles des gâteaux sans additifs. Les valeurs d'acide étaient les plus faibles pour les lipides extraient de génoises additionnées de 1% d'extrait de thé vert jusqu'à la fin du stockage.

Reddy et al., (2004) se sont penché sur l'auto-oxydation des produits alimentaires contenant des matières grasses. Dans leur étude, trois extraits végétaux à savoir, amla (*Emblica officianali*), feuilles de pilon (*Moringa oleifera*) et les raisins secs (*Vitis vinifera*) ont été utilisés comme sources d'antioxydants naturels, par rapport aux antioxydants synthétiques. Des biscuits préparés par addition des extraits naturels ont fait l'objet d'études sensorielles et d'analyses biochimiques. Les biscuits traités avec les antioxydants naturels, extraits de raisins secs et de feuilles de pilon ont reçu des notes de panel plus élevées ($P < 0,05$) pendant la période de stockage de 6 semaines, par rapport au témoin, au biscuit additionnés de butylhydroxyle anisole (BHA) et d'extrait d'amla. L'ajout des trois extraits végétaux a donné un excellent effet antioxydant sur le biscuit par rapport à l'effet du BHA après 6 semaines. Les extraits de feuilles de pilon et amla étaient plus efficaces pour contrôler l'oxydation des lipides pendant le stockage.

Ajila et al., (2008) ; Ajila et al., (2007) ont développés des études destinés à comparer l'utilisation d'antioxydants naturels d'origine végétale ou d'extraits des fruits avec du BHA synthétique dans les biscuits. Par exemple, l'incorporation d'extrait de zeste de mangue fraîche dans les biscuits a amélioré leurs propriétés antioxydantes en comparaison avec BHA. Par ailleurs, **Caleja et al., (2017)** ont réalisés une étude axée sur l'utilisation d'extraits de fenouil et de camomille, riches en composés phénoliques, comme antioxydants dans des biscuits et en comparaison avec des biscuits additionnés de BHA. Après 15, 30, 45 et 60 jours de stockage. Les résultats ont montrées que l'ajout des additifs naturels améliore l'activité antioxydante des biscuits, apportant des avantages bénéfiques sans effets indésirables, contrairement à ce qui a été rapporté pour l'additif synthétique BHA.

Les produits de boulangerie, en tant qu'acteur important d'une alimentation saine, se caractérisent par leur durée de conservation limitée. La détérioration de ces produits affecte non seulement les caractéristiques organoleptiques et entraîne la perte économique mais menace également la santé du consommateur.

Certains auteurs ont étudiés la possibilité d'utiliser des graines, des légumes ou des fruits non céréaliés comme source d'antioxydant pour l'enrichissement du pain.

Raba et al., (2007) ont utilisés de la poudre d'ail et de basilique pour l'enrichissement du pain. Ils ont découvert que les deux espèces augmentent la stabilité oxydative des pains. Le niveau des polyphénols a également été augmenté de 0,18 à 0,22 mM acide gallique /100 g pour le pain aromatisé à l'ail et de 0,19 à 0,28 mM d'acide gallique/100 g pour le pain aromatisé au basilic.

Gawlik-Dziki et al., (2013) ont étudiés l'effet de l'ajout d'extrait de peau d'oignons moulus sur la stabilité oxydative et les propriétés sensorielles du pain. Le potentiel antioxydant des pains additionnés d'extrait de peau d'oignons était significativement plus élevé que l'activité noté pour le témoin. L'ajout de 2 à 3% d'extrait de peau d'oignons dans la farine de blé a causé une amélioration significative de la stabilité oxydative du pain, L'évaluation sensorielle a montré que le remplacement de la farine de blé dans le pain par jusqu'à 3% de poudre d'oignon a également aboutit à une satisfaction acceptable des consommateurs. Une étude similaire mené par **El-Megeid et al., (2009)** sur le potentiel d'utilisation d'extrait de feuilles de thé vert séchées et moulues pour l'enrichissement du pain a abouti à de bon résultats avec des niveaux de fortification de 2 % et 4 %. Les pépins de raisin sont riches en phénols (principalement flavonols, proanthocyanidines et tanins condensés) (**Peralbo-Molina et al., 2013**). Leurs extraits ont également été testés pour l'enrichissement du pain, En effet **Peng et al., (2010)** ont montrés que le pain additionné d'extrait des pépins de raisin avait une activité antioxydante plus forte que celui du pain témoin, et que l'augmentation de la quantité d'extrait améliorerait leur capacité antioxydante.

III.1.4 Matières grasses (Les huiles)

Les graisses comestibles et les produits contenant des graisses (les lipides) sont sujet à une oxydation, à la fois pendant la production et le stockage, provoquant une séquence de changements défavorables, détérioration des produits et propriétés sensoriels (rancidité, changement de texture et de couleur) et diminution de la valeur nutritive. L'enrichissement des lipides en polyphénols végétaux peut influencer avantageusement leur oxydation.

Huile de colza :

La recherche de **Chen et Chan, (1996)** ont montré une activité antioxydante élevée des catéchines du thé dans l'huile de colza chauffée. Leur résultats sont en cohérence avec les résultats de **Chen et al., (1996) ; Chen et al., (1998)** qui ont trouvé que l'extrait de thé vert possède une activité antioxydante plus élevée que le BHT et l'extrait de romarin dans l'huile de colza (incubé à 100°C).

Les algues sont une excellente source des composés bioactifs (comme les polyphénols, les caroténoïdes, les alcaloïdes, les terpènes). A titre d'exemple, **Agregán et al., (2017)** ont évalués l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de *Bifurcaria bifurcata* (Algue brune) (200, 400, 600, 800 et 1000 ppm) sur la stabilité à l'oxydation de huile de colza (20 ml de l'huile) pendant le stockage (4, 8, 12 et 16 jours) au plus hautes concentrations, ils ont obtenus des diminutions significatives des produits d'oxydation primaire et secondaire, par rapport aux témoins. De plus, l'extrait de *B.bifurcata* a été efficace pour retarder la production des substances volatiles responsable du mauvais goût pendant le stockage de l'huile.

Sordini et al., (2019) ont montré que les extraits d'olive sont largement utilisés pour améliorer la stabilité à l'oxydation des huiles. En effet, l'extrait phénolique de l'olive résultait généralement d'une bonne protection des huiles pendant le stockage. Quant à **Zahran et Najafi, (2020)**, ils ont utilisé les composés phénoliques des extraits de feuilles d'olivier, pour enrichir de l'huile de soja. Les échantillons d'huile contenant des extraits de feuille d'olivier présentaient un indice de peroxyde inférieur par rapport au témoin (huile de soja non enrichi). D'un autre coté **Phuong et al., (2020)**, ont réalisé un enrichissement d'huile de soja avec un extrait d'écorce de fruit de ramboutan (fruit de litchi chevelu) (*Nephelium lappaceum L.*), ils ont obtenus des résultats intéressants après le stockage (à l'obscurité pendant 160 jours, sous la lumière à 30° C ou dans l'obscurité à 4°C) et friture (à 160 ° C pendant 150 min). En effet, l'ajout de l'extrait de ramboutan, à 1000 µg équivalent acide gallique (EAG)/g d'huile, a retardé le processus d'oxydation des lipides, ils ont obtenus des pommes de terre fritent dans l'huile enrichie avec les plus bas niveaux de substances réactives à l'acide Thio barbiturique (TBArS)

Dans une autre étude, **Manzano et al., (2017)** ont utilisé un plan factoriel pour déterminer les conditions optimales pour l'utilisation de polyphénols, Ils ont ajoutés les extraits de *Theobroma cacao* (cacaotier) (à 0 %, 0,02 % et 0,04 % m/m), comme antioxydant aux échantillons d'huile de soja raffinés. Ils ont constatés que les concentrations les plus élevées (0,04 % m/m) de polyphénols ont retardé la génération d'acides gras libres et de l'indice peroxyde, et ont augmenté l'activité antioxydante, déterminée par dosage du DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) après friture (20 fois).

Hussein et al., (2018) ont testé l'efficacité d'extraits méthanoliques de graines de sésame (500–1000 µL/100 ml de l'huile de tournesol) dans la stabilisation de l'huile de tournesol pendant le stockage. Ils ont découvert qu'à la concentration la plus élevée, la stabilisation de l'huile de tournesol était comparable à celle de l'huile additionné de BHT à sa limite légale (200 ppm). Ce résultat était dû à l'amélioration de sa stabilité hydrolytique, à l'inhibition de l'oxydation des lipides et à la réduction de la perte d'acides gras polyinsaturés. D'autre part,

Waqas et al., (2017) ont également ajouté des caroténoïdes de la peau de tomate (*Solanum lycopersicum*) antioxydants naturels et colorants dans l'huile de tournesol. Dans cette étude l'huile de tournesol contenant de 50 à 200 mg/kg de caroténoïdes a montré une activité antioxydante plus élevée que l'huile additionnée de BHT (200 mg/kg). Par ailleurs, la stabilité oxydative de l'huile de tournesol a également été améliorée après un enrichissement en extraits éthanoliques d'origan (à 0,07 %) par rapport à l'huile de tournesol témoin, ou avec l'ajout de BHA (0,01 %) (**Kozłowska et al., 2018**).

Concernant l'utilisation des déchets ou de résidus, **Dairi et al., (2017)** ont étudié l'enrichissement de l'huile d'olive par les extraits phénoliques de feuilles de myrte. Ils ont rapporté une amélioration de l'activité antioxydante du produit fini (par rapport à l'huile d'olive additionnée de BHT) en raison de l'augmentation de l'activité de piégeage des radicaux libres. **Ces mêmes auteurs** ont montré que les composés phénoliques peuvent agir contre l'attaque des radicaux libres, à travers plusieurs mécanismes d'action.

III.2 Utilisation des substances naturelles comme agent antimicrobiens

III.2.1 Dans les poissons

Les poissons et autres fruits de mer ont une teneur élevée en eau et d'acides aminés libres, et de nombreuses espèces de poissons contiennent de l'oxyde de triméthylamine (TMAO) de telles caractéristiques favorisent la croissance des bactéries, qui se développent bien dans une large gamme de températures (**Gram et Dalgaard, 2002 ; Chaillou et al., 2015**) C'est pour cela que la croissance microbienne est considérée comme la principale cause de détérioration de la qualité du poisson et d'autres produits de la mer. Pour cette raison, une ou plusieurs méthodes de conservation adéquates sont nécessaires afin de maintenir la sécurité et la qualité et prolonger la durée de conservation de ces produits (**Ghanbari et al., 2013 ; Hassoun et Karoui, 2017**).

Plusieurs huiles essentielles ont montré d'excellentes activités antimicrobiennes vis-à-vis de nombreux micro-organismes pathogènes et d'altération, tels que les huiles essentielles d'origan, de romarin, de thym, de laurier, de sauge, la cannelle et de clou de girofle (**Burt, 2004 ; Jayasena et Jo, 2013 ; Swamy et al., 2016**).

L'utilisation des huiles essentielles comme additifs alimentaires pour poissons est considérée comme une méthode efficace pour incorporer des conservateurs naturels dans la chair des poissons. Par exemple, une étude menée par **Alvarez et al., (2012)** ont examiné la

capacité du romarin, du thymol, du carvacrol et du BHT incorporé dans le régime alimentaire de la dorade royale (*Sparus aurata*) afin de retarder l'oxydation des lipides et la croissance microbienne. Les résultats ont révélés que les filets de poissons nourris avec un régime au carvacrol (500 mg/kg) pendant 18 semaines avaient la plus faible teneur en acide Thio barbiturique (TBArS) (0,2 mg de MDA/kg de filet), tandis que les groupes BHT et thymol ont atteint les plus faibles nombres de bactéries Par rapport au groupe témoin. Ces résultats ont été confirmés plus tard dans une autre étude menée par **Hernández et al., (2015)**, où l'ajout d'huile essentielle de thym à différentes concentrations (500, 1000, 1500 et 2000 mg kg⁻¹) révéla un effet inhibiteur sur la croissance microbienne et sur l'oxydation des lipides dans les filets de dorade royale pendant la conservation à 4°C pendant 21 jours. Les auteurs ont rapporté que des fortes doses d'huile essentielle de thym a entraîné à la fois une réduction du nombre d'*entérobactéries* et de coliformes, ainsi qu'une meilleure stabilité oxydative (**Hernández et al., 2015**).

Des travaux ont confirmé que les huiles essentielles de thym (*Thymus* sp.) et de clou de girofle (*Syzygium aromaticum*) étaient très promoteurs en raison de leur richesse et diversité en composés phénoliques, antimicrobiens et antioxydantes et ont confirmé leur potentiel d'utilisation dans la viande et produits à base de viande (**Gutierrez et al., (2008)** ; **Barbosa et al., (2009)** ; **Gutierrez et al., (2009)** ; **Jayasena et Jo, (2013)** ; **Bensid et al., (2014)**).

III.2.2 Dans les viandes et les produits carnés

Kim et al., (2013) ont investigué l'effet inhibiteurs d'extraits de chamnamul (*Pimpinella brachycarpa*) plante de la famille du persil et fatsia (*Aralia elata*) ou faux ricin contre *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica*, *Escherichia coli* et *Listeria monocytogenes*, *Bacillus subtilis* et *Shigella flexneri*. Puis ces auteurs ont étudiés l'influence de ces extraits sur l'oxydation des lipides et l'altération microbienne dans des boulettes de bœuf cru. Les extraits ont été ajoutés aux boulettes à des concentrations de 0,1 % et 0,5 % (p/p) suivie d'une conservation à 4 ° C pendant 12 jours. L'extrait de fatsia avait une activité d'antioxydante et antimicrobienne plus efficace que le chamnamul, ils ont conclu que le fatsia, avait un bon potentiel comme conservateur naturel pour les produits carnés

Mau et al., (2001) ont rapporté que les extraits de ciboulette chinoise et de cassia peuvent réduire efficacement la croissance d'*Escherichia coli* et d'autres bactéries pendant le stockage de la viande.

III.2.3 Dans les produits laitiers

Hanifah et al., (2016) ont ajouté l'extrait de roselle dans la fabrication de yaourt au lait de chèvre. Ces yaourts se sont caractérisés par une augmentation de l'activité antimicrobienne et notamment à l'égard de *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Salmonella typhi*. **Bin et al., (2011)** ont étudié l'efficacité antibactérienne de cinq épices et extraits de plantes (bâton de cannelle, écorce de grenade, pépins de raisin, origan et clou de girofle) contre les *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* et *Salmonella enterica* dans le fromage à température ambiante. Ils ont montrés que les cinq extraits inhibaient la croissance des trois agents pathogènes d'origine alimentaire dans le fromage, et l'addition de ces extraits a également amélioré la stabilité du fromage contre l'oxydation des lipides. De plus, **Mahgoub et al., (2013)** ont étudié l'effet d'addition de 0,1% et 0,2% (w/w) d'huile essentiel de *Nigella sativa* au fromage sur l'inhibition des agents pathogènes d'origine alimentaire (*Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli* et *Listeria monocytogenes*) inoculés dans le fromage pendant le stockage. L'ajout de 0,2% d'huile essentiel a montré une efficacité vis à vis des agents pathogènes et a amélioré les propriétés physicochimiques et sensorielles du fromage.

Thabet et al., (2014) ont montré que l'ajout d'huile de cannelle à 0,3% prolongeait la durée de conservation du labneh (yaourt concentré) jusqu'à 24 jours à 6°C avec un goût et une saveur approprié et sans atérioration microbienne.

III.2.4 Dans les matières grasses ajoutées et les huiles

De nombreuses recherches ont été menées afin de remplacer les conservateurs synthétiques par des huiles essentiels naturels dans les produits de boulangeries tels que le pain et les gâteaux (**Debonne et al., 2018; Mani López et al., 2018 ; Nanasombat et al., 2010; Faccin et al., 2015; Gonçalves et al., 2017**). **Mishra et al., (2014)** ont isolé deux souches fongiques, à savoir *Penicillium oxalicum* et *Aspergillus flavus*, dans les échantillons de pain et de gâteaux et ont examiné leur réponse aux huiles essentiels de clou de girofle, de basilic et de cannelle. Les extraits d'huiles essentielles de *Syzygium spp.* (Girofle) avaient une bonne inhibition des deux germes et la combinaison de cet huile essentielle avec d'autres conservateurs chimiques, y compris les acides acétique, benzoïque, citrique et lactique, a offert des effets synergiques dans activité antifongique. Les auteurs ont également affirmé que l'incorporation des huiles essentielles pourrait améliorer la saveur et l'arôme des produits de boulangerie (**Mishra et al., 2014**)

L'huile essentielle d'écorce d'orange extraite a montré un effet inhibiteur sur plusieurs micro-organismes dont *Aspergillus niger* et *Penicillium spp.*, dans des cupcakes préparés à

partir de farine de blé enrichi (Ahmed et al., 2009). Selon les résultats obtenus par les auteurs, l'ajout de 0,3% l'huile essentielle d'écorce d'orange n'a pas affecté les propriétés sensorielles, et les cupcakes enrichie à l'huile essentielle d'écorce d'orange a un effet considérables sur la durée de la conservation et qui est utilisé comme un agent antimicrobien. Dans une étude similaire, Daroughe et al., (2012) ont signalé que l'incorporation de l'huile essentielle (0,15%) de coriandre dans des gâteaux a réduit la population fongique pendant 60 jours stockage à température ambiantes. Les principaux composants de ces huiles essentielles étaient le camphre, l'acétate de cyclohexanol, le limonène, et l'alpha-pinène, qui pourrait être responsable de l'activité antimicrobienne.

En revanche, Khaki et al., (2012) ont évalué l'effet antimicrobiens et antioxydants d'huile essentielle de camomille aux concentrations de 0,05 %, 0,1 % et 0,15 % ajoutés dans les gâteaux pendant 2,5 mois et comparer les résultats avec ceux d'un témoin et des échantillons conservés chimiquement. Selon leurs résultats, l'augmentation de la concentration en huiles essentielles de 0,05% à 0,15% a amélioré la stabilité du produit notamment contre les activités microbiennes et les réactions d'oxydation.

Gonçalves et al., (2017) ont analysé l'effet de l'huile essentiel de thym libre et encapsulée sur l'activité antibactérienne et antifongique sur les échantillons des gâteaux. Les deux formes de Cette huile essentielle ont montrées des activités inhibitrices contre une variété de micro-rganismes, y compris *Candida albicans*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus*, *Escherichia coli*, *Salmonella choleraesuis*, *Staphylocoque aureus*, *Salmonelle typhimure*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Aspergillus niger*. En outre, l'encapsulation a amélioré l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de thym, les valeurs des CMI pour l'huile encapsulée ont été inférieure à celles de l'huile libre, et a favorisé une durée de conservation minimale de 30 jours sans utilisation de conservateurs synthétiques. Les résultats ont montré que les échantillons qui contenait de l'huile essentielle ont été microbiologiquement stable pendant 30 jours dans des conditions ambiantes, tandis que les échantillons témoins ont été proliférés par des micro-organismes et s'est détérioré en deux semaines.

CONCLUSION

Conclusion

Au cours de ce travail, nous nous sommes intéressés au remplacement des additifs chimiques par des substances naturelles. Les plantes supérieures, les algues et les champignons sont riches en composés bioactifs qui peuvent potentiellement remplacer les conservateurs synthétiques (antioxydant et antimicrobiens) dans l'alimentation. Les polyphénols sont considérés comme étant les plus intéressants des composés naturels à utiliser comme conservateurs alimentaires et/ou ingrédients bioactifs dans les aliments. Ces antioxydants et antimicrobiens naturels d'origine végétale, sous forme d'extraits et d'huiles essentielles sont obtenus à partir de différentes sources et par différentes méthodes.

La qualité d'un extrait naturel est liée à l'efficacité et à la sélectivité du procédé d'extraction utilisé, les méthodes d'extraction traditionnelles sont connues pour être certes et faciles d'application, cependant consommatrices de grandes quantités de solvants très souvent toxiques et de temps, sans oublier le fait des résidus potentiels des solvants dans les extraits obtenus ce qui les rends impropres à l'utilisation dans le domaine alimentaire. Pour remédier à cela et pour rester dans la cohérence du respect de l'environnement et de la chimie verte, de nouvelles méthodes d'extraction plus en adéquation avec ce contexte ont été développées. Ces méthodes permettent d'utiliser des quantités de solvants réduites en des temps courts.

A la lumière de notre travail de recherche bibliographique nous avons conclu que les antioxydants et les antimicrobiens présents dans les plantes, les algues et les champignons sont d'excellents agents naturels dotés d'un grand potentiel comme alternatives aux additifs synthétiques bien souvent toxiques.

Références bibliographiques



Ade-Omowaye BIO, Angersbach A, Taiwo KA, Knorr D. Use of pulsed electric field pre-treatment to improve dehydration characteristics of plant based foods. *Trends in Food Science and Technology*, 2001; 12(8) : 285–295.

Afshari A, Sayyed-Alangi S.Z. Antioxidant effect of leaf extracts from *Cressa cretica* against oxidation process in soybean oil. *Food Sci. Nutr*, 2017; 5 : 324–333.

Agregán R, Lorenzo J.M, Munekata P.E.S, Dominguez R, Carballo J, Franco D. Assessment of the antioxidant activity of *Bifurcaria bifurcata* aqueous extract on canola oil. Effect of extract concentration on the oxidation stability and volatile compound generation during oil storage. *Food Res. Int*, 2017 ; 99 : 1095–1102.

Aguilar F, Autrup H, Barlow S, Castle L, Crebelli R, Dekant W, Engel K-H, Gontard N, Gott D, Grilli S, Gürtler R, Chr J. Larsen, Leclercq C, Leblanc J-C, Malcata F. X, Mennes W, Milana MR, Pratt I, Rietjens I, Tobbäck P, Toldrá F. Assessment of the results of the study by McCann et al. On the effect of some colours and sodium benzoate on children's behaviour. *The EFSA Journal*, 2008; 660 : 1-54.

Ahmed HF, Abu-Zaid AA, Sayed HS. Antimicrobial effect of orange juice, peel and its essential oil on the shelf life of cake. *Journal of food and dairy Sci*, 2009; 34 (2): 1019-1028.

Ajila CM, Leelavathi K, Prasada Rao UJS. Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science*, 2008; 48: 319–326.

Ajila CM, Naidu KA, Bhat SG, Prasada Rao UJS. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry*, 2007; 105: 982–988.

Alirezalu K, Pateiro M, Yaghoubi M, Alirezalu A, Peighambaroust SH, Lorenzo J.M. Phytochemical constituents, advanced extraction technologies and techno-functional properties of selected Mediterranean plants for use in meat products. A comprehensive review. *Trends Food Sci. Technol*, 2020; 100: 292–306.

Alvarez A, Garcia Garcia B, Jordan M. J, Martinez-Conesa C, Hernandez MD. The effect of diets supplemented with thyme essential oils and rosemary extract on the deterioration of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) during storage on ice. *Food Chemistry*, 2012; 132 : 1395–1405.

Al-Zoreky NS. Antimicrobial activity of pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit peels. International Journal of Food Microbiology, 2009 ; 134 :244–248.

André M. Les additifs alimentaires.Éditions Jouvence, 2013 ; 160p.

Aponso MMW, De Silva GO, Abeysundara AT. Emulsifiers as food additives : an overview on the impact to obesity and gut diseases. J. Pharmacognosy Phytochem, 2017 ; 6 : 485-487.

Arzour A et Belbacha K. (2015). Le risque Toxicologique des Colorants Alimentaires; Toxicologie et Santé.Université des Frères Mentouri Constantine .Algerie. Mémoire de Master en science biologique.138p.

Arain MA, Mei Z, Hassan FU, Saeed M, Alagawany M, Shar AH, Rajput IR. Lycopene : a natural antioxidant for prevention of heatinduced oxidative stress in poultry. World's Poultry Science Journal, 2018 ; 74 : 89-100.

de Araújo FF, de Paulo DF, Angélica NI, Pastore G. Polyphenols and their applications : An approach in food chemistry and innovation potential. Food Chemistry, 2021 ; 338 : 127535.

Auger C, Schini-Kerth VB. Potentiel des polyphénols pour améliorer la santé vasculaire en stimulant la fonction endothéliale. Journal de Cahiers de nutrition et de diététique, 2014 ; 49 :160-172.

Azmir J, Zaidul ISM, Rahman MM, Sharif KM, Mohamed A, Sahena F, Jahurul MHA, Ghafoor K, Norulaini NAN, Omar AKM. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials : A review. Journal of Food Engineering, 2013 ; 117 : 426-436.

B

Ballard TS, Mallikarjunan P, Zhou K, O'Keefe S. Extraction assistée par micro-ondes d'un antioxydant phénolique composés des peaux d'arachide. Chimie alimentaire, 2010 ; 120 : 1185–1192.

Bamba BSB, Shi J, Tranchant C.C, Xue S.J, Forney C.F, Lim, L-T. Influence of Extraction Conditions on Ultrasound-Assisted Recovery of Bioactive Phenolics from Blueberry Pomace and Their Antioxidant Activity. Molecules, 2018 ; 23 : 1685 .

Bandyopadhyay M, Chakraborty R, Raychaudhuri U. A process for preparing a natural antioxidant enriched dairy product (Sandesh). LWT - food Science and technologie, 2007; 40(5) : 842-851.

Baines D, Seal R. Natural food additives, ingredients and flavourings Cambridge : UK, Woodhead Publishing, 2012 : 488p.

Barbosa LN, Rall VLM, Fernandes AAH, Ushimaru PI, Probst IS, Fernandes AJ. Essential oils against foodborne pathogens and spoilage bacteria in minced meat. *Foodborne Pathog. Dis*, 2009 ; 6 : 725–728.

Bandalac V. Produits fonctionnels à base d'extraits de caroténoïde. In: Conferința tehnicoștiințifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor = The Technical Scientific Conference of Undergraduate, Master and PhD Students, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, 2020 ; 1 : 443-445.

Béconcini D, Felice F, Fabiano A, Sarmento B. Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of Cherry Extract : Nanosystems-Based Strategies to Improve Endothelial Function and Intestinal Absorption. *Foods*, 2020 ; 9 : 207.

Berteaud A.J, Delmotte M. Les micro-ondes : de la cuisine à l'industrie. *La recherche*, 1993 ; 24 :286-294.

Bénédict G. (2016). Optimisation de l'extraction en réacteur BATCH de biomasse énergétique à l'aide d'émulsion ultrasoniques de solvants verts ». Mémoire de maîtrise en génie chimique. Université de Sherbrooke (Québec) Canada. 138p.

Bennetau-Pelissero C. Polyphénols et voies de signalisation, données récentes. *Journal of Cahiers de nutrition et de diététique*, 2014; 49 : 151-159.

Bensid A, Ucar Y, Bendeddouche B, Özogul F. Effect of the icing with thyme, oregano and clove extracts on quality parameters of gutted and beheaded anchovy (*Engraulis encrasicolus*) during chilled storage. *Food Chem*, 2014 ; 145: 681–686.

Ben Rahal N. (2012). Extraction, identification et caractérisation des molécules bioactives de la graine et de l'huile de *Silybum marianum*. Étude de leurs activités antioxydante et antitumorale. Thèse de doctorat en génie des procédés et des produits.. Université de Lorraine. Français. 197p.

Bin S, Yi-Zhong C, John D.B, Harold, C. Potential application of spice and herb extracts as natural preservatives in cheese. *J. Med. Food*, 2011 ; 14 :284–290.

Bitrić S, Dussort P, Pierre F, Bily AC, Roller M. (2015). Carnosic acid. *Phytochemistry*, (in press).

Bleve M, Ciurlia L, Erroi E, Lionetto G., Longo L, Rescio L, Schettino T, Vasapollo G, Lionetto MG. An innovative method for the purification of anthocyanins from grape skin extracts by using liquid and sub-critical carbon dioxide. *Sep. Purif. Technol*, 2008; 64 : 192–197.

Bimakr M, Rahman RA, Taip FS, Ganjloo A, Salleh LM, Selamat J, Hamid A, Zaidul, I. Comparison of different extraction methods for the extraction of major bioactive flavonoid compounds from spearmint (*Mentha spicata* L.) leaves. *Food Bioprod. Process*, 2011 ; 89 : 67–72.

Boulekbache-ML., Slimani S et Madani K Total phenolic content, antioxidant and antibacterial activities of fruits of *Eucalyptus globulus* cultivated in Algeria. *Industrial Crops and Products*, 2013 ; 41 : 85– 89.

Branen AL, Davidson PM, Salminen S, Thorngate JH. (2001). (Eds) : *Food Additives*. 2nd Ed. Marcel. New York. Pp.1-10.

Briones-Labarca V, Giovagnoli-Vicuña C, Cañas-Sarazúa R. Optimization of extraction yield, flavonoids and lycopene from tomato pulp by high hydrostatic pressure-assisted extraction. *Food Chem*, 2019; 278: 751–759.

Briones-Labarca V, Plaza-Morales M, Giovagnoli-Vicuña C, Jamett F. High hydrostatic pressure and ultrasound extractions of antioxidant compounds, sulforaphane and fatty acids from Chilean papaya (*Vasconcellea pubescens*) seeds: Effects of extraction conditions and methods. *LWT*, 2015; 60: 525–534.

Burt S. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—A review. *International Journal of Food Microbiology*, 2004 ; 94 : 223–253.

Burtin H, Cheruel A, Collu E, Dudognon E, Moureau C, Schmitt C, Pace H, Plessis M (2014) .« Sécurité sanitaire des aliments », Université de Lorraine.10p.

C

Caleja C, Barros L, Antonio AL, Ciric A, Soković M, Oliveira, MBPP, Santos-Buelga, C, Ferreira, I.C.F.R. (2015a). *Foeniculum vulgare* Mill. As 318 natural conservation enhancer and health promoter by incorporation in cottage 319 cheese. *Journal of functional foods*, 2015a ; 320: 428–438.

Caleja C, Barros L, Antonio AL, Ciric A, Barreira JCM, Soković M, Oliveira MBPP, Santos-Buelga C, Ferreira ICFR. Development of a functional dairy food: exploring bioactive and preservation effects of chamomile (*Matricaria recutita L.*). Journal of functional foods, 2015b; 16 :114–124.

Caleja C, Barros L, Antonio AL, Carocho M., Oliveira MBPP, Ferreira ICFR. Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives : a comparative study between natural and synthetic additives. Food Chemistry, 2016 ; 210 : 262 -268.

Carocho M, Barreiro M.F, Morales P, Ferreira I. C.F.R. Adding molecules to food, pros and cons : a review on synthetic and natural food additives. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2014. 13 : 377-399.

Carocho M, Morales P, Ferreira I. C.F. Natural food additives : Quo vadis? Trends in Food Science and Technology, 2015 ; 45 (2) : 284-295.

Chaillou S, Chaulot-Talmon A, Caekebeke H., Cardinal M, Christieans S, Denis C, Champomier-Vergès M.-C. Origin and ecological selection of core and food specific bacterial communities associated with meat and seafood spoilage. The ISME Journal, 2015 ; 9 :1105–18.

Chen ZY, Chan PT. Antioxidative activity of green tea catechins in canola oil. Chem Phys Lipids, 1996 ; 82 : 163- 172.

Chen ZY, Chan PT, Ma HM, Fung KP, Wang J.Antioxidative effect of ethanol tea extracts on oxidation of canola oil. JAOCS,1996 ; 73 :375-380.

Chen ZY, Wang LY, Chan PT, Zang Z, Chung HY, Liang C. Antioxidative activity of green tea catechin extract compared with that of rosemary extract. JAOCS, 1998 ; 75 :1141-1145.

Chandrasekhar J, Madhusudhan M, Raghavarao K. Extraction of anthocyanins from red cabbage and purification using adsorption. Food Bioprod. Process, 2012 ; 90 : 615–623.

Chang K. M, Chung M. S, Kim M. K, Kim G. H. Analysis of mineral and volatile flavor compounds in *Pimpinella brachycarpa N.* by ICP-AES and SDE, HS-SPME-GC/MS. Korean Journal of Food Culture, 2007 ; 22(2) :246-253.

Chemat F, Rombaut N, Sicaire A.G, Meullemiestre A, Fabiano-Tixier A.S, Abert-Vian, M. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques,

combinations, protocols and applications. A review. *Ultrason. Sonochemistry*, 2017 ; 34 : 540–560.

Chemat F, Lucchesi ME. Extractions assistées par micro-ondes des huiles essentielles et des extraits aromatiques. *J.Soc.Ouest-Afr.Chim*, 2005; 20 : 77-99.

Cheok C.Y, Abdel Karim Salman H, Sulaiman R. Extraction and quantification of saponins : A review. *Food Research International*, 2014 ; 59 :16–40.

Chouchouli V, Kalogeropoulos N, Konteles SJ, Karvela E., Makris DP, Karathanos VT. Fortification of yoghurts with grape (*Vitis vinifera*) seed 338 extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 2013 ; 53, 522-529.

Codex alimentarius CODEX STAN 192,1995. Norme générale pour les additifs alimentaires, FAO/ OMS, Réversion 2018 et 2019.

Cory H, Passarelli S, Szeto J, Tamez M, Mattei J. The role of Polyphenols in human health and food systems : A mini-review. *Frontieres in nutrition*, 2018 ; 5 : 87p.

Crozier A, Clifford M, et Ashihara H (2006). *Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet*. Edt Blackwell Publishing Ltd. 384p.

D

Dairi S, Carbonneau MA, Galeano-Diaz T, Remini H, Dahmoune F, Aoun O, Belbahi A, Lauret C, Cristol JP, Madan K. Antioxidant effects of extra virgin olive oil enriched by myrtle phenolic extracts on iron-mediated lipid peroxidation under intestinal conditions model. *Food Chem*, 2017; 237: 297–304.

Darughe F, Barzegar M, Sahari MA. Antioxidant and antifungal activity of coriander (*Coriandrum sativum L.*) essential oil in cake. *International Food Research Journal*, 2012 ; 19 (3) : 1253–60.

David B. Substances naturelles végétales et Industrie Pharmaceutique. In : *Les Substances Naturelles : la panacée ?* Toulouse, 2019.

Debonne E, Van Bockstaele F, De Leyn I, Devlieghere F, Eeckhout M. Validation of in-vitro antifungal activity of thyme essential oil on *Aspergillus niger* and *Penicillium paneum* through application in par-baked wheat and sourdough bread. *LebensmittelWissenschaft & Technologie*, 2018 ; 87 :368–78.

de Raadt P, Wirtz S, Vos E, Verhagen H. Short review of extracts of Rosemary as a food additive. *Eur. J. Nutr. Food Safety*, 2015 ; 5 : 126–137.

Desai JV, Thomas R, Kamat SD, Kamat DV. Microwave Assisted Extraction of Saponins from *Centella asiatica* & Its In Vitro Anti-Inflammatory Study. *Asian Journal of Biochemical and Pharmaceutical Research*, 2011 ; 1(4) : 330-334.

Dimitrios B. Sources of natural phenolic antioxidants. *Tendances Food Sci. Technol*, 2006 ; 17 : 505-512.

Directive du Parlement européen : (94/34/CE ; 89/107/CEE) du 21 décembre 1988 relative au rapprochement des législations des Etats membres concernant les additifs pouvant être employés dans les denrées destinées à l'alimentation humaine. *Journal Officiel des Communautés Européennes* N° L 40 du 11 février 1989.

Djenadi F. (2011). Contribution à l'étude de l'activité antimicrobienne du genévrier (*Juniperus phoenicea*): essai des huiles essentielles et composés phénoliques. Mémoire de Master en Science biologiques, Université de Bejaïa.

Djenane D, Yangüela J, Derriche F, Bouarab L, Roncales P . Utilisation des composés de feuilles d'olivier comme agents antimicrobiens; application pour la conservation de la viande fraîche de dinde. *Revue « Nature et Technologie »*, 2012 ; 07 : 53 – 61.

Dusek P, Roos P, Litwin T, Schneider S, Flaten T, Aaseth J. The neurotoxicity of iron, copper and manganese in Parkinson's and Wilson's diseases. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2015 ; 31 : 193-203.

De la Rosa LA, Moreno-Escamilla JO, Rodrigo-García J, Alvarez-Parrilla E. Phenolic Compounds. *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*, 2019:253–271.

Dorman H, Peltoketo A, Hiltunen R, Tikkanen M. Characterisation of the antioxidant properties of de-odourised aqueous extracts from selected Lamiaceae herbs. *Food Chem.* 2003, 83: 255–262.

E

EFSA. Scientific Opinion on the re-evaluation of titanium dioxide (E 171) as a food additive. EFSA Journal, 2016 ; 14(9) : 83-4545.

El-Belghiti K, Rabhi Z, Vorobiev E. Kinetic model of sugar diffusion from sugar beet tissue treated by pulsed electric field. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005; 85(2) : 213-218.

El Gharras, H. Polyphenols: Food sources, properties and applications - A review. International Journal of Food Science and Technology, 2009; 44(12) : 2512-2518.

El-Megeid AAA, AbdAllah IZA, Elsadek MF, ElMoneim YFA. The protective effect of the fortified bread with green tea against chronic renal failure induced by excessive dietary arginine in male albino rats. World Journal of Dairy & Food Sciences, 2009 ; 4 :107-117.

F

Faccin C, Alberti S, Frare L, Vieira L. R, Salas-Mell M. D. L. M, and Freitas E. M. D. Bread with yerba mate aqueous extract (*Ilex paraguariensis* A. St.-hil.). American Journal of Food Technology, 2015 ; 10 : 206–14.

FAO/OMS.(1974) . Evaluation de certains additifs alimentaires. 18em rapport du comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires -Rome 3-14 juin 1974/

Fernandes RPP, Trindade MA, Lorenzo JM, de Melo MP. Assessment of the stability of sheep sausages with the addition of different concentrations of *Origanum vulgare* extract during storage. Meat Science, 2018 ; 137:244-257.

Fernandes RPP, Trindade MA, Tonin FG, Pugine SMP, Lima CG, Lorenzo JM, de Melo MP. Evaluation of oxidative stability of lamb burger with *Origanum vulgare* extract. Food Chem ,2017 ; 233: 101-109.

Fernando IPS, Lee W, Ahn G. Marine algal flavonoids and phlorotannins ; an intriguing frontier of biofunctional secondary metabolites. Critical Reviews in Biotechnology, 2021 ; 1–23.

Frei B et Higdon J.V. Antioxidant Activity of Tea Polyphenols in Vivo: Evidence from Animal Studies. Journal of Nutritional Sciences, 2003 ; 133 : 3275-3284.

Farha A. K, Yang Q-Q, Kim G, Li H.-B, Zhu F, Liu H.-Y, Corke H. Tannins as an alternative to antibiotics. Food Bioscience, 2020 ; 38 : 100751.

Fkih S. (2007). Etude de l'effet de l'irradiation ionisante sur certains polyphénols alimentaires et résidus pesticides. Diplôme Universitaire de Technologie. Université du 7 novembre à Carthage. 85p.

G

Gad AS, Sayd AF. Antioxidant Properties of Rosemary and Its Potential Uses as Natural Antioxidant in Dairy Products—A Review. *Food and Nutrition Sciences*, 2015 ; 6 : 14.

Gaiani, C. (2009). Les additifs alimentaires : le meilleur et le pire. Extrait de site : Web04.univlorraine.fr/ENSAIA/marie/Web/ntic/pages/2008/poster08.

Gawlik-Dziki U, Swieca M, Dziki D, Baraniak B, Tomilo J, Czyz J. Quality and antioxidant properties of breads _ enriched with dry onion (*Allium cepa L.*) skin. *Food Chemistry*, 2013 ; 138 :1621-1628.

Gatidou G, Zhou JL, Thomaidis NS. Microwave -assisted extraction of Irgarol 1051 and its main degradation product from marine sediments using water as the extractant. *Références bibliographiques followed by gas chromatography–mass spectrometry determination. Journal of Chromatography A*, 2004 ; 1046: 41–48.

Ghanbari M, Jami M, Domig K. J, Kneifel W. Seafood biopreservation by 721 lactic acid bacteria - A review. *LWT - Food Science and Technology*, 2013 ; 54 : 315–324.

Gonçalves ND, de Lima Pena F, Sartoratto A, Derlamelina C, Duarte MCT, Antunes AEC, Prata AS. Encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil used as a natural preservative in bakery product. *Food Research International*, 2017; 96 :154–60.

Gouget, C. (2011). Additifs alimentaires : Danger, Ed. Chariote d'or .164p.

Goula A.M, Ververi M, Adamopoulou A, Kaderides K. Green ultrasound-assisted extraction of carotenoids from pomegranate wastes using vegetable oils. *Ultrason. Sonochemistry*, 2017; .34 : 821–830.

Gram L, Dalgaard P. Fish spoilage bacteria - Problems and solutions. *Current Opinion in Biotechnology*, 2002 ; 13 :262–266.

Gutierrez J, Barry-Ryan C, Bourke P. The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. *International Journal of Food Microbiology*, 2008 ; 124 : 91-97.

Gutierrez J, Barry-Ryan C, Bourke P. Antimicrobial activity of plant essential oils using food model media : Efficacy, synergistic potential and interactions with food components. *Food Microbiol*, 2009 ; 26 : 142–150.

Gómez-Guzmán M, Rodríguez-Nogales, Algieri F, Gálvez J. Potential role of seaweed polyphenols in cardiovascular-associated disorders. *Mar. Drugs*, 2018 ; 16 :250.

Genç Y, Bardakci H, Yücel Ç, Karatoprak G S, Akkol EK, Barak TH, Sobarzo-Sánchez E. Review Oxidative Stress and Marine Carotenoids : Application by Using Nanoformulations. *Mar. Drugs*, 2020 ; 18 : 423.

H

Haleng J, Pincemail J, Defraigne J.O, Charlier C et Capelle J.P. (2007). Le stress oxydant. *Rev Med Lieg*, 2007 ; 62 : 628-638.

Halliwell B. Free radicals and antioxidants : A personal view. *Nutrition Reviews*, 1994 ; 52 : 253-265 .

Hanifah R, Arief II, Budiman C. Antimicrobial activity of goat milk yoghurt with addition of a probiotic *Lactobacillus acidophilus* IIA – 2B4 and roselle extract (*Hibiscus sabdariffa L.*). *International Food Research Journal*, 2016 ; 23 : 2638-26450.

Hasler M. The changing face of functional foods. *The Journal of the American College of Nutrition*, 2000; 19 :499S–506S.

Hassoun A, Karoui R. Quality evaluation of fish and other seafood by traditional and nondestructive instrumental methods : Advantages and limitations. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2017 ; 57 : 1976–1998.

Havsteen B. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacol. Therapeut*, 2002 ; 96: 67– 202.

Hebi M, Eddouks M. Evaluation of the antioxidant activity of *Stevia rebaudiana*. *Phytothérapie*, 2016; 14: 17-22.

Heng MY, Tan SN, Yong JWH, Ong ES. Emerging green technologies for the chemical standardization of botanicals and herbal preparations. *Trends in Analytical Chemistry*, 2013; 50: 1–10.

Hernández A, García García B, Jordán M. J, Hernández M. D. Study of the dose of thyme essential oil in feed to prolong the shelf life of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture Nutrition*, 2015 ; 21 : 740–749.

Herzi N. (2013). Extraction et purification de substances naturelles : comparaison de l'extraction au CO₂-supercritique et des techniques conventionnelles. Thèse de Doctorat en Génie des Procédés et de l'Environnement. Université de Toulouse France.

Higdon JV, Frei B. Tea catechins and polyphenols: Health effects, metabolism, and antioxidant functions. *Critic. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2003 ; 43 : 89–143.

Hra HR, Hadolina M, Knez E, Bauman D. Comparaison des effets antioxydants et synergiques de l'extrait de romarin avec l' α -tocophérol, le palmitate d'ascorbyle et l'acide citrique dans l'huile de tournesol. *Food Chemistry*, 2000 ; 71 : 229-233.

Hur SJ, Kim DH, Chun SC, Lee SK. Antioxidative changes of blueberry leaf extracts in emulsion-type sausage during in vitro digestion. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 2013 ; 33 : 689-695.

Hussain SA, Hameed A, Ajmal I, Nosheen S, Rasul Suleria H.A, Song Y. Effects of sesame seed extract as a natural antioxidant on the oxidative stability of sunflower oil. *J. Food Sci. Technol.* 2018, 55 : 4099–4110.

I

Ignat I, Volf I, Popa VI. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chem*, 2011 ; 126 : 1821–1835.

J

Jayasena DD, Jo C. Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and 762 meat products : A review. *Trends in Food Science and Technology*, 2013 ; 34 : 96–108.

Jia N, Kong B, Liu Q, Diao X, Xia X. Antioxidant activity of black currant (*Ribes nigrum L.*) extract and its inhibitory effect on lipid and protein oxidation of pork patties during chilled storage. *Meat Science*, 2012 ; 91 :533–539.

JORA, (2012). Journal officiel Algérien N°31 et N°30.

Ju Z.Y, Howard L.R. Effects of Solvent and Temperature on Pressurized Liquid Extraction of Anthocyanins and Total Phenolics from Dried Red Grape Skin. *J. Agric. Food Chem*, 2003 ; 51 : 5207–5213.

Jayaprakasha G, Singh R, Sakariah K. Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro. *Food Chem*. 2001, 73, 285–290.

K

Karaaslan M, Ozden M, Vardin H, Turkoglu H. Phenolic fortification of yogurt using grape and callus extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 2011 ; 44: 1065-1072.

Kenny T.P, Keen C.L, Schmitz H.H, Gershwin M.E. Immune effects of cocoa procyanidin oligomers on peripheral blood mononuclear cells. *Journal of Biology Medicine*, 2007 ; 232 : 293-300.

Khaki, M., M. A. Sahari, and M. Barzegar. Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of chamomile (*Matricaria chamomilla L.*) essential oil on cake shelf life. *Journal of Medicinal Plants*, 2012 ; 3 : 9–18.

Khoddami, A., Wilkes, M.A., Roberts, T.H. (2013). Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*, 2013 ; 18 : 2328–2375.

Khoo HE, Azlan A., Tang ST et Lim SM. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food Nutr Res*, 2017 ; 61 : 1361779.

Kilcawley KN, O'Connell PB, Hickey DK, Sheehan EM, Beresford TP et McSweeney PLH. Influence de la composition sur les caractéristiques biochimiques et sensorielles du fromage cheddar commercial de qualité et de teneur en matières grasses variables. *Journal international de la technologie laitière*, 2007 ; 60 : 81-88.

Kim SJ, Cho AR et Han J, Antioxidant and antimicrobial activities of extracts of green leafy vegetables and their applications in the preservation of meat products. *Food Control*, 2013 ; 29 : 112-120.

Kozłowska M, Gruczynska E. Comparison of the oxidative stability of soybean and sunflower oils enriched with herbal plant extracts. *Chemical Papers*, 2018 ; 72 : 2607–2615.

Kumar N, Singh A, Sharma DK, Kishore K. Toxicité des additifs alimentaires. *Sécurité alimentaire et santé humaine*, 2019 ; 67-98.

L

Li Y, Fabiano-Tixier AS, Vian MA, Chemat F. Solvent-free microwave extraction of bioactive compounds provides a tool for green analytical chemistry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2013 ; 47 :1-11.

Ligor M, Ratiu I.-A, Kielbasa A, Al-Suod H, Buszewski B. Extraction approaches used for the determination of biologically active compounds (cyclitols, polyphenols and saponins) isolated from plant material. *Electrophoresis*, 2018 ; 39: 1860–1874.

Lorenzo JM, Pateiro M. Influence of fat content on physico-chemical and oxidative stability of foal liver pâté. *Meat Science*, 2013 ; 95: 330–335.

Lourenço CS, Margarida MM, Vítor DA. Antioxidants of Natural Plant Origins : From Sources to Food Industry Applications. *Molecules*, 2019 ; 24 : 4132.

Di Lorenzo C, Colombo F, Biella S, Stockley C, Restani P. Polyphenols and Human Health : The Role of Bioavailability. *Nutrients*, 2021; 13 :273.

Lochab B, Shukla S, Varma I. K. Naturally occurring phenolic sources : monomers and polymers. *RSC Advances*, 2014 ; 4 : 21712–21752.

M

Macheix JJ, Fleuriet A, Jay-Allemand C. Les composés phénoliques des végétaux. Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Suisse : Lausanne ; Presses polytechniques et universitaires Romandes, 2005. 192p.

Madora A, (2016) Nos corps humains sont des poubelles !. Eddition Chapitre.com. p162.

Mahgoub S, Ramadan MF, El-Zahar K. Cold pressed *Nigella sativa* oil inhibits the growth of food-borne pathogens and improves the quality of Domiati cheese. *J. Food Saf*, 2013 ; 33 : 470–480.

Manach C, Scalbert A, Morand C, Remesy C, Jimenez L. Polyphenols : food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2004 ; 79 : 727-747.

Mandal V, Mohan Y, Hemalatha S. L'extraction assistée par micro-ondes est une méthode innovante et outil d'extraction prometteur pour la recherche sur les plantes médicinales. *Revue de pharmacognosie*, 2007 ; 1: 7-18.

Manchado SP, Cheynier V. Les polyphénols en agroalimentaire. Ed Tec et Doc Lavoisier. 368p.

Mani Lopez E, Valle Vargas GP, Palou E, Lopez Malo A. *Penicillium expansum* inhibition on bread by lemongrass essential oil in vapor phase. *Journal of Food Protection*, 2018; 81 (3) :467–71.

Manzano P, Hernández J, Quijano-Avilés M, Barragán A, Chóez-Guaranda I, Viteri R, Valle O. Polyphenols extracted from *Theobroma cacao* waste and its utility as antioxidant. *Emir. J. Food Agric.* 2017; 29: 45–50.

Martins A, Barros L, Carvalho AM, Santos-Buelga C, Fernandes IP, Barreiro F, Ferreira ICFR. Phenolic extracts of *Rubus ulmifolius* Schott flowers: characterization, microencapsulation and incorporation into yogurts as nutraceutical sources. *Food & Function*, 2014; 5: 1091-1100.

Mateos-Aparicio I, Matiasb A. Food industry processing by-products in foods. In: Charis Galanakis (Eds.), *The role of alternative and innovative food ingredients and products in consumer wellness*, 2019 : 239-281.

Mau JL, Chen CP, Hsieh PC. Antimicrobial effect of extracts from Chinese chive, cinnamon, and corni fructus. *J. Agric. Food Chem*, 2001; 49 : 183–188.

McCann D, Barrett A, Cooper C, Crumpler D, Dalen L, Grimshaw K, Kitchin E, Lok K, Porteous L, Prince E, Sonuga-Barke E, O'Warner J, Stevenson J. Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *The Lancet*, 2007; 370: 1560-1567.

McCarthy TL, Kerry JP, Kerry JF, Lynch PB, Buckley D J. Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties. *Meat Sci.*, 2001 ; 57 : 45-52.

Mephram B. Food additives : an ethical evaluation. *Br. Med. Bull.*, 2011 ; 99 (1) :7-23.

Mishra VK, Gupta S, Pundir RK. Synergistic antimicrobial activity of essential oil and chemical food preservatives against bakery spoilage fungi. *CIBTech Journal of Microbiology*, 2014 ; 4 (1) : 6–12.

Mitsumoto M, OGrady MN, Kerry JP, Buckley DJ. Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation, colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties. *Meat Sci.*, 2005 ; 69 : 773-7.

Moriniaux V, (2017). Les édulcorants : une autre histoire du sucré, une nouvelle étape dans l'histoire du sucre?. Centre de recherche sur les économies, les sociétés, les arts et les techniques. Le sunne, entre tentation et réglementation Archives National du monde des travail.p.133-160.

Msagati TAM. Chemistry of Food Additives and Preservatives. John Wiley & Sons, Ltd: The Atrium, Southern Gate, Chichester. 1st Ed, 2013: 336.

Mukherjee, P. K.Qualitative Analysis for Evaluation of Herbal Drugs. Quality Control and Evaluation of Herbal Drugs, 2019; 79–149

Multon J-L. Additifs et auxiliaires et fabrication dans les industries agroalimentaires.Edition Technique et Documentation, Lavoisier, 2002 :746p.

Muzolf-Panek M, Waśkiewicz A, Kowalski R, Konieczny P. The Effect of Blueberries on the Oxidative Stability of Pork Meatloaf During Chilled Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2016 ; 40: 899–909

N

Nanasombat S, Piumnoppakun N, Atikanbodee D, and Rattanasuwan M.Combined effect of cinnamon essential oil and water activity on growth inhibition of *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus flavus* and possible application in extending the shelf life of bread. *Water Properties in Food, Health, Pharmaceutical and Biological Systems : ISOPOW*, 2010 ; 10 : 545–50.

Naumann HD, Tedeschi LO, Zeller WE, Huntley NF. The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future direction. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2017; 46 : 929-949.

Naveena BM, Vaithyanathan S, Muthukumar M, Sen AR, Kumar YP, Kiran M, Shaju VA, Chandran KR. Relationship between the solubility, dosage and antioxidant capacity of carnosic acid in raw and cooked ground buffalo meat patties and chicken patties. *Meat Science*, 2013 ; 96, 195-202.

Niranjan K, Hanmoungjai P. (2004). Enzyme-aided aqueous extraction. In : Dunford, N.T., Dunford, H.B. (Eds.), *Nutritionally Enhanced Edible Oil Processing*. AOCS Publishing.314p.

Nissen LR, Byrne DV, Bertelsen G, Skibsted LH. The antioxidative activity of plant extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis. *Meat Sci*, 2004 ; 68 : 485–495.

O

Organisation mondiale de la santé OMS, 2018.les additifs alimentaires.

O’Sullivan AM, O’Callaghan YC, O’Grady MN, Waldron DS, Smyth TJ, O’BrienNM, Kerry JP. An examination of the potential of seaweed extracts as functional ingredients in milk. *Int. J. Dairy Technol*, 2014; 67: 182–193.

Oszmianski J, Wojdylo A, Lamer-Zarawska E, Swiader K. Antioxidant tannins from Rosaceae plant roots. *Journal of Food Chemistry*, 2007; 100: 579-83.

P

Pandey KB, Rizvi SI. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2009; 2 (5) : 270 – 278

Pereira LFS, Inácio MLC, Pereira RC, Angelis-Pereira M. C. Prevalência de Aditivos em Alimentos Industrializados Comercializados em uma Cidade do Sul de Minas Gerais. *Revista Ciências em Saúde*, 2015; 5(3).

Pateiro M, Barba FJ, Domínguez R, Sant’Ana AS, Mousavi Khaneghah A, Gavahian M, Gómez B, Lorenzo JM. Essential oils as natural additives to prevent oxidation reactions in meat and meat products : a review. *Food Res Int*, 2018 ; 113:156-166.

Pateiro M, Gómez-Salazar JA, Jaime-Patlán M, Sosa-Morales ME, Lorenzo JM. Plant Extracts Obtained with Green Solvents as Natural Antioxidants in Fresh Meat Products. *Antioxidants*, 2021; 10 : 181.

Pateiro M, Domínguez R, Bermúdez R, Munekata PES, Zhang W, Gagaoua M, Lorenzo JM. Antioxidant active packaging systems to extend the shelf life of sliced cooked ham. *Current Research in Food Science*, 2019; 1: 24-30.

Patil PD, Patil SP, Kelkar RK, Patil NP, Pise PV, Nadar SS. Enzyme-assisted supercritical fluid extraction : An integral approach to extract bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 2021 ; 116 : 357–369.

Peng X, Ma J, Cheng K.-W, Jiang Y, Chen F, Wang M. The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread. *Food Chemistry*, 2010; 119: 49-53.

Peralbo-Molina A, Dolores Luque de Castroa M. Potential of residues from the Mediterranean agriculture and agrifood industry. *Trends in Food Science & Technology*, 2013; 32 : 16-24.

Pérez-Gálvez A, Viera I, Roca M. Carotenoids and Chlorophylls as Antioxidants. *Antioxidants* ,2020 ; 9 : 505.

Perret, C (2001), Analyse de tanins inhibiteurs de la stilbène oxydase produite par *Botrytis cinerea*, Article de thèse, université de Neuchatel,

Petigny L, Perino S, Wajsman J, Chemat F. Batch and Continuous Ultrasound Assisted Extraction of Boldo Leaves (*Peumus boldus Mol.*).*International Journal of Molecular Sciences*, 2013; 14 : 5750-5764.

Phuong NNM, Le TT, Nguyen MVT, Van Camp J, Raes K.Antioxidant activity of rambutan (*Nephelium lappaceum L.*) peel extract in soybean oil during storage and deep frying. *Eur. J. Lip. Sci. Technol*, 2020; 122 : 190-214.

Pohnl H. Applications of different curing approaches and natural colorants in meat products.*Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages*, 2016; 209-225.

R

Raba DN, Moigradean D, Poiana MA, Popa M, Jianu I. Antioxidant capacity and polyphenols content for garlic and basil flavored bread. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 2007 ; 13 : 163-168.

Rajauria G, Foley B, Abu-Ghannam N. Identification and characterization of phenolic antioxidant compounds from brown Irish seaweed *Himanthalia elongata* using LC-DAD–ESI-MS/MS. *Innov. Food. Sci. Emerg. Technol*, 2016; 37 : 261–268.

Rajha HN, Boussetta N, Louka N, Maroun RG, Vorobiev E. Effect of alternative physical pretreatments (pulsed electric field, high voltage electrical discharges and ultrasound) on the dead-end ultrafiltration of vine-shoot extracts. *Separation and Purification Technology*, 2015; 146: 243–251.

Raj Narayana K, SRIPAL R.M, Chaluvadi M.R, Krichna D.R. Bioflavonoids classification pharmacological Biochemical effects and therapeutic potentiel, *Indian Journal of Pharmacology* 2001 ; 33: 2-16.

Reddy V, Urooj A, Kumar A. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application in biscuits. *Food Chem*, 2005 ; 90 : 317–321.

De Reynal B, Multon JL. Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. 4eme edition Lavoisier, Paris .2009 .690p.

R'haïem N, Chahboun N, Abed H, Esmail A, Berny E, Hammoumi A, Ouhssine M. Additifs alimentaires du marché de kénitra. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 2013; 152: 53-64.

S

Saleem M., Kim HJ, Ali MS, Lee YS. An update on bioactive plant lignans. *Natural Product Reports*, 2006 ; 22 : 696p.

Scalbert A, Manach C, Morand C, Rémésy C. Dietary Polyphenols and the Prevention of Diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2005 ; 45 : 287–306.

Sharma S. Food Preservatives and their harmful effects. *Int. J. Sci. Res. Publicat*, 2015 ; 5 (4) : 5-6.

Shi M, Loftus H, McAinch A. J, Su X. Q. Blueberry as a source of bioactive compounds for the treatment of obesity, type 2 diabetes and chronic inflammation. *Journal of Functional Foods*, 2017; 30: 16–29.

Singla RK, Dubey AK, Garg A, Sharma RK, Fiorino M, Ameen SM., Haddad MA, Al-Hiary M. Natural Polyphenols : Chemical Classification, Definition of Classes, Subcategories, and Structures. Journal of « AOAC International, 2019; 102: 1397-1400.

Skrovankova S, Sumczynski D, Mlcek J, Jurikova T, Sochor J. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries. International Journal of Molecular Sciences, 2015; 16: 24673–24706.

Socaci S.A, Fărcas A.C, Diaconeasa Z.M, Vodnar D.C, Rusu B, Tofană M. Influence of the extraction solvent on phenolic content, antioxidant, antimicrobial and antimutagenic activities of brewers' spent grain. J. Cereal. Sci, 2018 ; 80 : 180–187.

Šojic B, Pavlic B, Zekovic Z, Tomovic V, Ikonic P, Kocic- Tanackov S, Dzini C N.The effect of essential oil and extract from sage (*Salvia officinalis L.*) herbal dust (food industry byproduct) on the oxidative and microbiological stability of fresh pork sausages. LWT - Food Sci Technol, 2018 ; 89 : 49-755.

Solymosi K, Latruffe N, Morant – Manceau A, Schoefs B. Food colour additives of natural origin. In: «Colour Additives for Foods and Beverages».Cambridge (Eds), Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2015:260

Sordini B, Veneziani G, Servili M, Esposito S, Selvaggini R, Lorefice A, Taticchi A. A quanti-qualitative study of a phenolic extract as a natural antioxidant in the frying processes. Food Chem, 2019 ; 279 : 426–434.

Srivastava R.C, Husain M.M, Hasan S.K. and Athar M.Green tea polyphenols and tannic acid act as potent inhibitors of phorbol ester-induced nitric oxide generation in rat hepatocytes independent of their antioxidant properties. Journal of Cancer Letters, 2000; 153 : 1-5.

Swamy M. K, Akhtar M. S, Sinniah U. R. Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: An updated review. Evidence- Based Complementary and Alternative Medicine, 2016; 2016: 1-21.

Sikora E, Cie´slik E, Topolska K. The sources of natural antioxidants. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment. 2008, 7: 5–17.

T

Tang SZ, Kerry JP, Sheehan D, Buckley DJ. A comparative study of tea catechins and α -tocopherol as antioxidants in cooked beef and chicken meat. *Eur. Food Res. Technol.*, 2001 ; 213 :286–289.

Tang SZ, Sheehan D, Buckley DJ, Morrissey PA, Kerry JP. Anti-oxidant activity of added tea catechins on lipid oxidation of raw minced red meat, poultry and fish muscle. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2001 ; 36 : 685–692.

Thabet HM, Nogaim QA, Qasha AS, Abdoalaziz O, Alnsheme N. Evaluation of the effects of some plant derived essential oils on shelf life extension of Labneh. *Merit Res. J. Food Sci. Technol.*, 2014 ; 2 : 8–14.

Thomas M. (2011). Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification : application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophae rhamnoides*). Thèse de science du vivant en Alimentation et Nutrition. Université d'Orléans. France. 76p.

Toepfl S, Mathys A, Heinz V, Knorr D. Review: Potential of high hydrostatic pressure and pulsed electric fields for energy efficiency and environmentally friendly food processing. *Food Review International*, 2006; 22: 405–423.

U

Ummat V, Tiwari BK, Jaiswal AK, Condon K, Garcia-Vaquero M, O'Doherty J, O'Donnell C, Rajauria G. Optimisation of Ultrasound Frequency, Extraction Time and Solvent for the Recovery of Polyphenols, Phlorotannins and Associated Antioxidant Activity from Brown Seaweeds. *Mar. Drugs*, 2020; 18 : 250.

V

Vuolo MM, Lima VS, Maróstica Junior MR. Phenolic Compounds: Structure, Classification, and Antioxidant Power. *Bioactive Compounds*, 2019; 33–50.

W

Wang L, Weller CL. Recent Advances in Extraction of Nutraceuticals from Plants. Trends in Food Science and Technology, 2006; 17: 300-312.

Wang W, Yuan T, Wang K, Cui B, Dai Y. Combination of biological pretreatment with liquid hot water pretreatment to enhance enzymatic hydrolysis of *Populus tomentosa*. Bioresource Technology, 2012; 107: 282–286.

Waqas M, Shad AA, Bashir O, Iqbal M. Extraction and utilization of tomato carotenoids as antioxidant and natural colorants in sunflower oil and spaghetti. Sarhad J. Agric, 2017; 33: 248–254.

Z

Zahran HA, Najafi Z. Enhanced stability of refined soybean oil enriched with phenolic compounds of olive leaves. Egypt. J. Chem, 2020; 63 : 215–224.

Zainoldin KH, Baba AS. The effect of *Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus* on physicochemical, proteolysis, and antioxidant activity in yogurt. Engineering and Technology, 2009 ; 60 : 361-366.

Zandi P, Gordon MH.Antioxidant activity of extracts from old tea leaves. Food Chem., 1999 ; 64 : 285–288.

Zhang J, Wang Y, Pan DD, Cao JX, Shao XF, Chen YJ, Sun YY, Ou CR. Effect of black pepper essential oil on the quality of fresh pork during storage. Meat Sci, 2016 ; 117 : 130-136.

Zhou H, Lui C. Extraction assistée par microonde de solanésol des feuilles de tabac .J. chromatography A, 2006 ; 1129 :135-139.

Zermane A.(2010).Etude de l'extraction supercritique application aux systemes agroalimentaires. Thèse de doctorat en genie des procédés.Université Mentouri .Constantine.148p.

juè

ANNEXES

Annexe I :

La liste des additifs autorisés dans les denrées alimentaires (Arrêté interministériel de 14 février 2002).

Tableau I. Colorants

| Numéro du système de codification internationale (SIN) | Dénomination |
|---|--|
| JAUNE | |
| 100 | Curcumine |
| 101 i | Lactoflavine (ou Riboflavine) |
| 101 ii | Riboflavine-5'- phosphate sodique |
| 102 | Tartrazine |
| 104 | Jaune de quinoléine |
| ORANGE | |
| 110 | Jaune orangé Sunset ou jaune soleil FCF |
| ROUGE | |
| 120 | Cochénille |
| 122 | Azorubine |
| 123 | Amarante |
| 124 | Rouge cochenille A |
| 127 | Erythrosine |
| BLEU | |
| 131 | Bleu patenté v |
| 132 | Indigotine |
| VERT | |
| 140 | Chlorophylles |
| 141 i | Complexe chlorophylle cuivre |
| 141 ii | Complexe chlorophylle cuivre, Sels de sodium et de potassium |
| 142 | Vert acide brillant |
| BRUN | |
| 150 | Caramel NOIR |

| | |
|--|---|
| 151 | Noir brillant |
| 153 | Carbo medecinalis vegetalis (charbon végétal) |
| NOIR | |
| 151 | Noir brillant |
| 153 | Carbo medecinalis vegetalis (charbon végétal) |
| NUANCES DIVERSES | |
| 160 | Caroténoïdes |
| 160 a | Carotènes |
| 160 b | Bixine Norbixine ou Extraits de Rocou |
| 160 c | Oléorésines de Paprika |
| 161 b | Lutéine |
| 161 c | Kryptoxanthine |
| 161d | Rubixanthine |
| 161e | Violoxanthine |
| 161f | Rhodoxanthine |
| 161g | Canthaxanthine |
| 162 | Rouge de bettrave |
| 163 | Anthocyanes |
| 170 | Carbonates de calcium |
| 171 | Dioxyde de titane |
| 172 | Oxydes et hydroxydes de fer |
| 173 | Aluminium |
| 174 | Argent |
| 175 | Or |
| Matières colorantes pour certains | Usages |
| 180 | Fuchsine lithol |

Tableau II. Conservateurs

| Numéro du système de codification internationale | Dénomination |
|---|---------------------|
| 200 | Acide sorbique |
| 201 | Sorbate de sodium |

| | |
|--|------------------------------|
| 202 | Sorbate de potassium |
| 203 | Sorbate de calcium |
| 210 | Acide benzoïque |
| 211 | Benzoate de sodium |
| 212 | Benzoate de potassium |
| 213 | Benzoate de calcium |
| 220 | Anhydride sulfureux |
| 221 | Sulfite de sodium |
| 222 | Sulfite acide de sodium |
| 223 | Disulfite de sodium |
| 224 | Disulfite de potassium |
| 226 | Sulfite de calcium |
| 227 | Sulfite acide de calcium |
| 228 | Sulfite acide de potassium |
| 230 | Diphényle |
| 231 | Ortho-phénylphénol |
| 232 | Ortho-phénylphénol de sodium |
| 234 | Nisine |
| 235 | Piramicine |
| Substances destinées principalement à avoir un effet conservateur secondaire d'autres usages mais pouvant | |
| 250 | Nitrite de sodium |
| 251 | Nitrate de sodium |
| 252 | Nitrate de potassium |
| 260 | Acide acétique |
| 261 | Acétates de potassium |
| 261 i | Acétates de potassium |
| 261 ii | Diacétate de potassium |
| 262 i | Acétate de sodium |
| 262 ii | Diacétate de sodium |
| 263 | Acétate de calcium |
| 270 | Acide lactique |
| 280 | Acide propionique |

| | |
|-----|-------------------------|
| 281 | Propionate de sodium |
| 282 | Propionate de calcium |
| 283 | Propionate de potassium |
| 285 | Tétraborate de sodium |
| 290 | Anhydride carbonique |

Tableau III. Antioxygènes

| Numéro du système de codification internationale | Dénomination |
|--|--|
| 228 | Sulfite acide de potassium |
| 300 | Acide L-ascorbique |
| 301 | L-ascorbate de sodium |
| 302 | L-ascorbate de calcium |
| 304 | Acide palmityl – 6L – ascorbique |
| 306 | Extraits d'origine naturelle riches en tocophérols |
| 307 | Alpha tocophérols de synthèse |
| 308 | Gamma tocophérols de synthèse |
| 309 | Delta tocophérols de synthèse |
| 310 | Gallate de propyle |
| 311 | Gallate d'octyle |
| 312 | Gallate de dodécyle |
| 315 | Acide isoascorbique ou acide érythorbique |
| 316 | Isoascorbate de sodium ou érythorbate de sodium |
| 320 | Buthylhydroxyanisol (BHA) |
| 321 | Buthylhydroxytoluène (BHT) |
| 330 | Acide citrique |
| 331 | Citrates de sodium |
| 332 | Citrates de potassium |
| 333 | Citrates de calcium |
| 334 | Acide tartrique |

| Substances ayant une action antioxygène | mais également d'autres fonctions |
|--|---|
| 220 | Anhydride sulfureux |
| 221 | Sulfite de sodium |
| 222 | Sulfite acide de sodium |
| 223 | Disulfite de sodium |
| 224 | Disulfite de potassium |
| 226 | Sulfite de calcium |
| 322 | Lécithines |
| substance pouvant renforcer l'action | antioxygène d'autres substances |
| 270 | Acide lactique |
| 325 | Lactate de sodium |
| 326 | Lactate de potassium |
| 327 | Lactate de calcium |
| 330 | Acide citrique |
| 331 | Citrate de sodium |
| 332 | Citrate de potassium |
| 333 | Citrate de calcium |
| 334 | Acide tartrique |
| 335 | Tartrate de sodium |
| 336 | Tartrate de potassium |
| 337 | Tartrate double de sodium et de potassium |
| 338 | Acide orthophosphorique |
| 339 | Orthophosphates de sodium |
| 340 | Orthophosphates de potassium |
| 341 | Orthophosphates de calcium |
| 472 a | Esters glycéroliques de l'acide acétique et d'acides gras |
| 472 b | Esters glycéroliques de l'acide lactique et d'acides gras |
| 472 c | Esters glycéroliques des mono et diglycérides d'acides gras |
| 472 d | Esters tartriques de mono et diglycérides d'acides gras |

| | |
|-------|---|
| 472 e | Esters glycéroliques de l'acide diacetyl tartrique et d'acides gras |
| 472 f | Mélange d'esters glycéroliques de l'acide tartrique, de l'acide acétique et d'acides gras |

Tableau IV. Acidifiants et correcteurs d'acidité

| SIN | Dénomination |
|------------|---|
| 170 i | Carbonate de calcium |
| 170 ii | Carbonate acide de calcium |
| 270 | Acide lactique |
| 296 | Acide malique |
| 325 | Lactate de sodium |
| 326 | Lactate de potassium |
| 327 | Lactate de calcium |
| 330 | Acide citrique |
| 331 | Citrate de sodium |
| 332 | Citrate de potassium |
| 333 | Citrate de calcium |
| 334 | Acide tartrique |
| 335 | Tartrate de sodium |
| 336 | Tartrate de potassium |
| 337 | Tartrate double de sodium et de potassium |
| 338 | Acide orthophosphorique |
| 350 i | Malate de sodium |
| 350 ii | Malate acide de sodium |
| 351 | Malate de potassium |
| 352 | Malate de calcium |
| 500 i | Carbonate de sodium |
| 500 ii | Carbonate acide de sodium |
| 501 i | Carbonate de potassium |
| 501 ii | Carbonate acide de potassium |
| 503 i | Carbonate d'ammonium |

| | |
|--------|-------------------------------|
| 503 ii | Carbonate acide d'ammonium |
| 504 | Carbonate de magnésium |
| 509 | Chlorure de calcium |
| 524 | Hydroxyde de sodium (soude) |
| 526 | Hydroxyde de calcium (chaux) |
| 528 | Hydroxyde de magnésium |
| 529 | Oxyde de calcium |
| 530 | Oxyde de magnésium |
| 541 | Phosphate de sodium-aluminium |
| 575 | Glucono delta lactone |

Tableau V. Emulsifiants

| Numéro du système de codification internationale (SIN) | Dénomination |
|---|---|
| 322 | Lécithines |
| 442 | Phosphatide d'ammonium |
| 471 | Mono et diglycérides d'acides gras |
| 472 a | Esters glycéroliques de l'acide acétique et d'acides gras |
| 472 b | Esters glycéroliques de l'acide lactique et d'acides gras |
| 472 c | Esters glycéroliques des mono et diglycérides d'acides gras |
| 472 d | Esters tartriques de mono et diglycérides d'acides gras |
| 472 e | Esters glycéroliques de l'acide diacetyl tartrique et d'acides gras |
| 472 f | Mélange d'esters glycéroliques de l'acide tartrique, de l'acide acétique et d'acides gras |
| 473 | Sucroesters |

| | |
|-------|---|
| 474 | Sucroglycérides |
| 475 | Esters polyglycériques d'acides gras 476 Esters polyglycéroliques de l'acide ricinoléique interestérifié |
| 477 | Esters de propylène glycol d'acides gras 479 b Huile de Soja oxydée par chauffage et ayant réagi avec les mono et diglycérides d'acides gras |
| 481 | Stéaroyl-2- lactylate de sodium 482 Stéaroyl-2- lactylate de calcium |
| 482 a | Stéaryl de calcium lactylé |
| 482 b | Oléyl de calcium lactylé |
| 483 | Tartrate de stéaryle |
| 491 | Mono stéarate de sorbitane |
| 492 | Tristéarate de sorbitane |
| 493 | Monolaurate de sorbitane |
| 494 | Monoléate de sorbitane |
| 495 | Monopalmitate de sorbitane |

Tableau VI. Antiagglomérant

| SIN | Dénomination |
|--------|---------------------------------------|
| 341 a | Orthophosphate monocalcique |
| 341 b | Orthophosphate dicalcique |
| 341 c | Orthophosphate tricalcique |
| 500 ii | Carbonate acide de sodium |
| 501 ii | Carbonate acide de potassium |
| 504 | Carbonate de magnésium |
| 530 | Oxyde de magnésium |
| 535 | Ferrocyanure de sodium |
| 536 | Ferrocyanure de potassium |
| 551 | dioxyde de Silicium ou silice amorphe |
| 553 i | Silicate de magnésium |

| | |
|---------|------|
| 553 iii | Talc |
|---------|------|

Tableau VII. Sels de fonte

| SIN | Dénomination |
|------------|---------------------------|
| 270 | Acide lactique |
| 325 | Lactate de sodium |
| 330 | Acide citrique |
| 331 | Citrate de sodium |
| 334 | Acide tartrique |
| 335 | Tartrate de sodium |
| 339 | Orthophosphates de sodium |
| 350 i | Malate de sodium |
| 350 ii | Malate acide de sodium |
| 450 | Diphosphates |
| 450 i | Diphosphate disodique |

Tableau VIII. Poudres à lever

| SIN | Dénomination |
|------------|---|
| 330 | Acide citrique |
| 331 | Citrate de sodium |
| 332 | Citrate de potassium |
| 334 | Acide tartrique |
| 335 | Tartrate de sodium |
| 336 | Tartrate de potassium |
| 337 | Tartrate double de sodium et de potassium |
| 339 | Orthophosphates de sodium |
| 450 i | Pyrophosphate acide de sodium |
| 500 i | Carbonate de sodium |
| 500 ii | Carbonate acide de sodium |

Tableau IX. Epaississants et gélifiants

| SIN | Dénomination |
|------------|---------------------------------|
| 400 | Acide alginique |
| 401 | Alginate de sodium |
| 402 | Alginate de potassium |
| 403 | Alginate d'ammonium |
| 404 | Alginate de calcium |
| 405 | Alginate de propylène glycol |
| 406 | Agar-agar |
| 407 | Carraghénanes |
| 410 | Farine de graine de caroube |
| 412 | Farine de graine de guar |
| 413 | Gomme adragante |
| 414 | Gomme arabique |
| 415 | Gomme xanthane |
| 416 | Gomme Karaya |
| 417 | Gomme Tara |
| 418 | Gomme gellane |
| 425 | Glucaumannane |
| 425 i | Gomme de Konjac |
| 425 ii | Glucaumannane de Konjac |
| 440 i | Pectine |
| 440 ii | Pectine amidée |
| 466 | Carboxyméthylcellulose |
| 1404 | Amidon oxydé |
| 1410 | Phosphate d'amidon |
| 1412 | Phosphate de diamidon |
| 1413 | Phosphate de diamidon phosphaté |
| 1414 | Phosphate de diamidon acétylé |
| 1420 | Amidon acétylé |
| 1422 | Adipate de diamidon acétylé |
| 1440 | Amidon hydroxypropyle |

| | |
|------|-----------------------------------|
| 1442 | Amidon de diamidon hydroxypropyle |
|------|-----------------------------------|

Tableau X. Stabilisant

| SIN | Dénomination, |
|------------|---|
| 338 | Acide orthophosphorique |
| 339 | Orthophosphates de sodium |
| 340 | Orthophosphates de potassium |
| 341 | Orthophosphates de calcium |
| 341 iii | Phosphate tricalcique |
| 420 | Sorbitol |
| 421 | Mannitol |
| 422 | Glycérol |
| 450 | Phosphate et polyphosphates |
| 450 a | Pyrophosphates |
| 472 a | Esters diacétyl d'acides gras |
| 472 b | Esters diacétyl-lactique de mono et diglycéride d'acides gras |
| 472 c | Esters diacétyl-citrique de mono et diglycéride d'acides gras |
| 474 | Sucroglycérides |
| 475 | Esters polyglycériques d'acides gras |
| 476 | Esters polyglycéroliques de l'acide ricinoléique interestérifié |
| 477 | Esters de propylène glycol d'acides gras |

| | |
|-------|--|
| 478 | Esters glycéroliques et propylène-glycoliques d'acides gras lactyles |
| 479 b | Huile de soja oxydée par chauffage et ayant réagi avec les mono et diglycérides d'acide gras |
| 481 | Stéaroyl-2-lactylate de sodium |
| 482 | Stéaroyl-2-lactylate de calcium |
| 483 | Tartrate de stéaryle |
| 491 | Monostéarate de sorbitane |
| 492 | Tristéarate de sorbitane |
| 493 | Monolaurate de sorbitane |
| 494 | Monoléate de sorbitane |
| 495 | Monopalmitate de sorbitane |

Tableau XI. Exhausteurs de goûts

| SIN | Dénomination |
|------------|------------------------------|
| 621 | L-Glutamate monosodique |
| 626 | Acide guanylique |
| 627 | Guanylate de sodium |
| 629 | Guanylate de calcium |
| 630 | Acide inosinique |
| 631 | Inosinate de sodium |
| 633 | Inosinate de calcium |
| 501i | Carbonate de potassium |
| 501 ii | Carbonate acide de potassium |
| 503 i | Carbonate d'ammonium |
| 503 ii | Carbonate acide d'ammonium |
| 541 | Phosphate alumino sodique |
| 575 | Glucono delta lactone |

Tableau XIII. Edulcorants


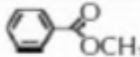

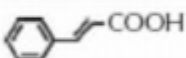
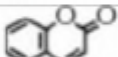
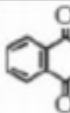
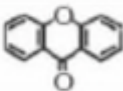
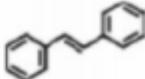
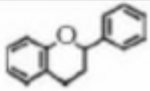
| SIN | Dénomination |
|------------|-------------------------------|
| 420 | Sorbitol et sirop de sorbitol |
| 421 | Mannitol |
| 950 | Acésulfame de potassium |
| 951 | Aspartame |
| 954 | Saccharine |
| 965 | Maltitol, sirop de maltitol |
| 966 | Lactitol |
| 967 | Xylitol |

Tableau XIV. Autres additifs

| SIN | Dénomination |
|------------|-------------------------------------|
| 520 | Sulfate d'aluminium |
| 570 | Acide stéarique |
| 579 | Gluconate ferreux |
| 1201 | Polyvinyl pyrrolidone |
| 1202 | Polyvinyl polypyrrolidone insoluble |

Annexe II

Tableau : Structure des squelettes des polyphénols (Crozier et *al.*, 2006) .

| Nombre de carbone | squelette | Classification | exemple | Stucateur de base |
|-------------------|--|--------------------------|----------------------------------|---|
| 7 | C ₆ -C ₁ | Acides phénols | Acide gallique |  |
| 8 | C ₆ -C ₂ | Acétophénones | Gallacetophénone |  |
| 8 | C ₆ -C ₂ | Acide phénylacétique | Acide p-Hydroxyphényl - acétique |  |
| 9 | C ₆ -C ₃ | Acides hydroxycinamiques | Acide p - coumarique |  |
| 9 | C ₆ -C ₃ | Coumarines | Esculitine |  |
| 10 | C ₆ -C ₄ | Naphthoquinones | Juglone |  |
| 13 | C ₆ -C ₁ -C ₆ | Xanthones | Mangiferine |  |
| 14 | C ₆ -C ₂ -C ₆ | Stilbènes | Resveratrol |  |
| 15 | C ₆ -C ₃ -C ₆ | Flavonoïdes | Naringénine |  |

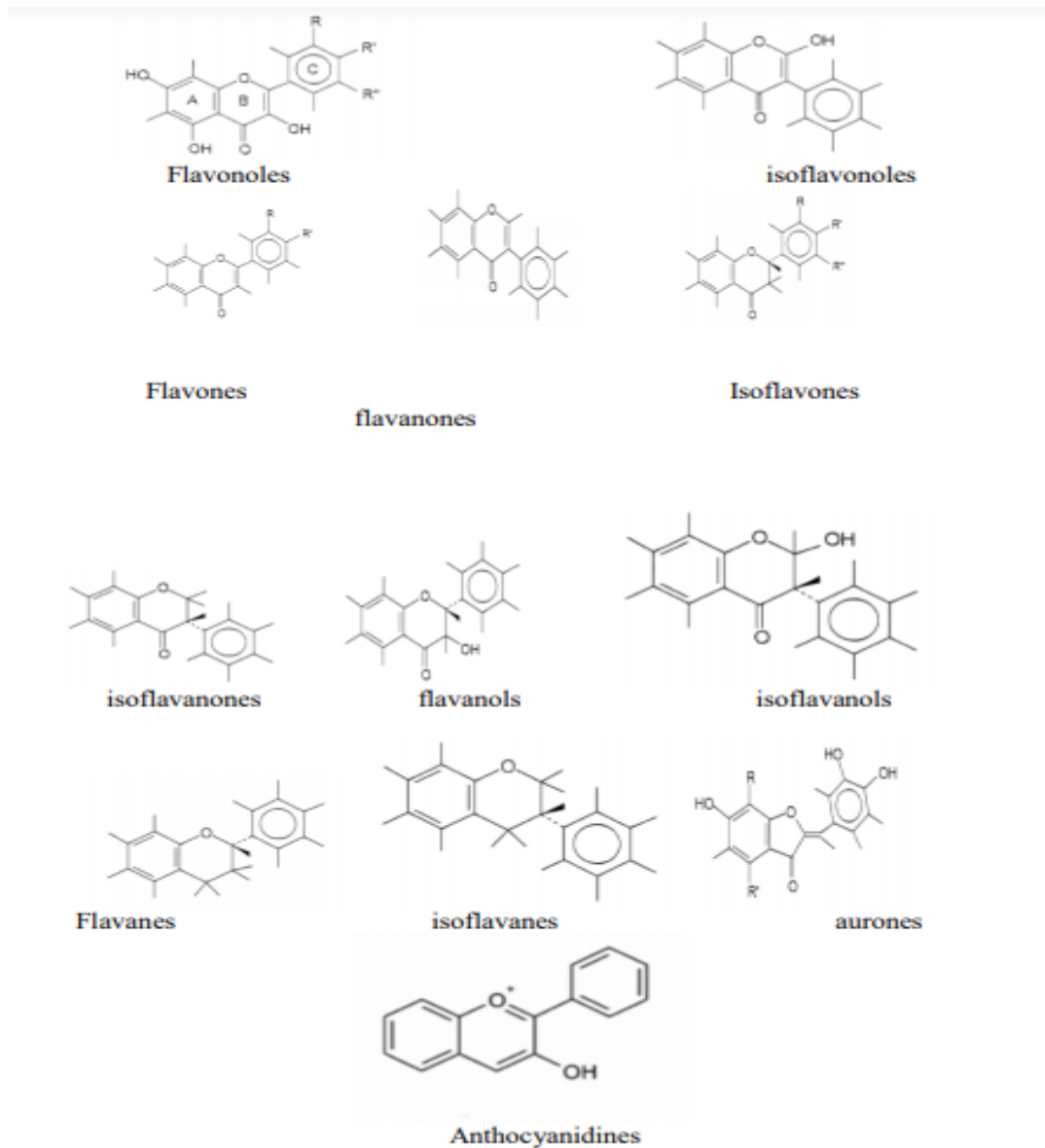


Figure : Structures des squelettes de base des flavonoides (Havesteen, 2002).

Résumé

La présente étude s'intéresse à l'utilisation de substances bioactives issues de sources naturelles, dotées d'activités biologiques, afin de les utiliser comme alternatives aux additifs synthétiques dont les effets néfastes ont été mis en lumière ces dernières années, aussi bien sur la santé humaine que sur l'environnement. De ce fait, l'extraction de ces composés bioactifs requiert le développement de nouveaux procédés respectant les principes de la chimie verte, et respectant ainsi l'environnement. Ces procédés permettant un gain considérable en temps et en énergie, caractérisés par leur capacité à extraire des produits de qualité, sains, et avec un impact environnemental positif, en remplacement des procédés traditionnels.

Mots clés : Additifs synthétiques, antioxydants, antimicrobiens, extraction verte, substances naturelles.

Abstract

This study is focused on the use of bioactive compounds from natural sources with biological activities due to the presence of many biological activities, which could be used as an alternatives to synthetic additives, which harmful effect on health have been demonstrated in recent years both on human health and on his environment. The extraction of these bioactive compounds requires adaptation to new based green extraction processes, for the recovery of natural bioactive substances. These processes are characterized by their ability to extract high quality products, not contaminated by solvents, with a considerable saving in time and energy with a positive environmental impact, replacing traditional processes

Keywords : Synthetic additives, antioxidants, antimicrobials, green extraction, natural substances.