



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE de TLEMCEM
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et
de l'Univers

Département de Biologie
Laboratoire de Biochimie

MEMOIRE

Présenté par

M^{elle} DEHINI BOCHRA

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Biologie de la nutrition

Thème :

**Dosage des polyphénols et extraction des colorants naturels de trois épices :
rhizomes de *Curcuma longa L.*, fruits de *Capsicum annuum L.* et les
stigmates des fleurs de *Crocus Sativus L.***

Soutenu le 10 juillet 2019 devant le jury composé de :

Président : LOUKIDI Bouchra **MCA** **Université de Tlemcen**

Encadreur : AZZI Rachid **MCA** **Université de Tlemcen**

Examineur : CHERRAK Sabri Ahmed **MCB** **Université de Tlemcen**

Année universitaire 2018-2019

Dédicaces

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi

mon père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes frères, mes sœurs, mes nièces et mes neveux...à toute ma belle-famille, je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amis, collègues d'étude, et frères de cœur.

DEHINI BOCHRA

Remerciement

Nous remercions une nouvelle fois le Dieu tout puissant de nos avoir donné la force et la patience durant nos études mais surtout à l'accomplissement de ce travail.

Nous adressons nos vifs remerciements à :

Notre Rapporteur :

Monsieur Azzi Rachid

Maître de Conférences de classe A à la faculté des sciences de la nature et de la vie, sciences de la terre et de l'univers Université Abou Bekr Belkaïd De Tlemcen

Nous vous remercions pour votre générosité et votre patience tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps que vous avez bien voulu nous consacrer et sans vous ce mémoire n'aurait jamais vu le jour. Votre rigueur scientifique et votre abnégation ont été exemplaires à nos yeux.

Soyez assuré de notre gratitude et notre plus profond respect.

Notre Président de Jury :

Madame Loukidi Bouchra

Maître de Conférences de classe A à la faculté des sciences de la nature et de la vie, sciences de la terre et de l'univers Université Abou Bekr Belkaïd De Tlemcen

Nous tenons à vous remercier vivement de nous faire l'honneur de présider le Jury de ce mémoire. Malgré vos multiples obligations, vous avez consenti à nous accorder une partie de votre temps si précieux. Vous n'avez pas ménagé vos efforts pour que ce mémoire puisse être présenté aujourd'hui.

Veillez trouver ici un gage de notre profonde reconnaissance.

Notre examinateur :

Monsieur Cherrak Sabri Ahmed

Maître de Conférences de classe B à la faculté des sciences de la nature et de la vie, sciences de la terre et de l'univers Université Abou Bekr Belkaïd De Tlemcen

Nous vous remercions également d'avoir accepté de siéger parmi le Jury de ce mémoire malgré vos nombreuses responsabilités. Vos suggestions et vos remarques seraient appréciées pour compléter nos connaissances. Nous vous sommes reconnaissant également pour nous avoir partagé vos expériences sur l'étude chimique d'une plante.

Nos remerciement s'adresse également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenue de près ou de loin principalement à tous mes amis du laboratoire pour les sympathiques moments qu'on a passé ensemble.

A toute la promotion de master «biologie de la nutrition»

Résumé

Des extraits bruts hydrométhanoliques, préparés par trois modes d'extraction macération ; infusion ou décoction, de trois épices : fruits de *Capsicum annuum* L. (Paprika), rhizomes de *Curcuma longa* (curcuma) et les stigmates des fleurs *Crocus sativus* L. (Safran), utilisées par la population de l'ouest algérien, ont été étudiés pour déterminer leurs composés phytochimiques et leurs pouvoirs colorants.

L'étude phytochimique a été effectuée par analyse qualitative (tests phytochimiques), analyse quantitative (dosages des composés phénoliques) et analyse des pigments, réalisée par processus d'extraction par solvants à polarité différente et de séparations par une chromatographie sur couche mince (CCM).

Le screening phytochimique réalisés sur les trois épices a révélé la présence des tanins, les flavonoïdes, les composés réducteurs et les Terpénoïdes dans les différents extraits préparés des trois épices, Les alcaloïdes et les saponines sont présents seulement dans les différents extraits préparés des fruits de *Capsicum annuum* et les rhizomes de *Curcuma Longa* .Les quinones et les anthraquinones sont présentes dans les différents extraits préparés des rhizomes de *Curcuma Longa* et sont absentes dans les différents extraits préparés des deux autres épices.

Les fruits de *Capsicum annuum* possèdent les teneurs de polyphénols et flavonoïdes totaux les plus élevées de l'ordre de 250 µg EAG/mg ES et 33,33 µg EC/mg ES, respectivement, Par rapport aux deux autres épices étudiées.

L'extraction et la séparation des pigments par la CCM a indiqué que la couleur de chaque molécule séparée d'extrait hydrométhanolique diffère les uns aux l'autre et varie selon le solvant utilisé et selon la propriété de dissoudre chaque pigment présenté dans un ou plusieurs types de solvants d'extraction. Cette séparation a conclu que les fruits de *Capsicum annuum* et les rhizomes de *Curcuma Longa* possèdent un pouvoir colorant marqué par la présence plusieurs taches de différents Rf dans les plaques CCM des deux épices.

Les résultats de ce travail nous ont permis d'affirmer que les épices possèdent des effets thérapeutiques et un pouvoir colorant revient essentiellement aux molécules bioactives.

Mots-clés: *Capsicum annuum*L. *Curcuma longa* L. *Crocus sativus* L. Composés phénoliques. Propriétés thérapeutiques. Colorants et pigments naturels.

Abstract

The hydromethanolic crude extracts prepared by three modes of extraction maceration; infusion and decoction of the three following spices *Capsicum annuum* L (Paprika), *Curcuma longa* (curcuma) and *Crocus sativus* L (Saffron) used by the population of the Algerian west were tested to determine their therapeutic properties and their capacity dyes. The phytochimic study was carried out by qualitative analyses (tests phytochimic), quantitative analyses (proportionings of the phenolic compounds) and the contents of pigments were estimated by a process of extraction carried out by solvents and their separations by thin layer chromatography (CCM).

The screening phytochimic realized on three spices revealed the presence of the tannins, the flavonoids, the reducing compounds and Terpénoïdes in the various prepared extracts of three spices, alkaloids and saponins are present in the various prepared extracts of the fruits of *Capsicum annuum*, the rhizomes of *Curcuma Longa* and miss in the various prepared extracts of the marks of the flowers of *Crocus sativus*, quinones and anthraquinones are present in the various prepared extracts of Rhizomes de *Curcuma Longa* and miss in the various prepared extracts of two other spices.

The fruits of *Capsicum annuum* have the total polyphenol contents and flavonoids highest of about 250 µg EAG/mg ES and 33,33µg EC/mg ES, respectively, Compared to two other spices studied.

The extraction and the separation of the pigments by the CCM indicated that the color of each molecule separates of extract hydromethnolic differs the one with the others and varies according to solvent used and the property to dissolve each pigment presented in one or more types of solvents of extraction, and the fruits of *Capsicum annuum* and the rhizomes of *Curcuma Longa* have a colouring capacity marked by the presence several spots of different RF in plates CCM from two spices

The results of this work enabled us to affirm that the spices have therapeutic effects and a colouring capacity returns primarily to the bio actives molecules.

Keywords: *Capsicum annuum* L. *Turmeric longa* L. *Crocus sativus* L .Phenolic compounds. Therapeutic properties. Natural dyes and pigments

المخلص

تمت معايرة مستخلصات ميثانول-ماء المحضرة بثلاث طرق لاستخراج بالمنقوع البارد الملغى و المنقوع الساخن لثلاث توابل : الفلفل الاحمر ، الكركم و الزعفران المستخدمة من قبل سكان غرب الجزائر لخصائصها العلاجية وقدرتها على التلوين.

وقد أجريت دراسة الكيمياء النباتي عن طريق التحليل النوعي (اختبارات المواد الكيميائية النباتية)، التحليلات الكمية (قياس نسبة مركبات الفينول) و تحليل محتويات الأصباغ التي تمت دراستها عن طريق عملية الاستخراج التي تركز على استعمال المذيبات و عملية فصلها بواسطة كروماتوجرافيا الطبقة الرقيقة.

كشفت الفحص الكيميائي النباتي الذي أجري على البهارات الثلاث عن وجود العفص والفلافونويدوسكريات المرجعية والتيربينويدات في مختلف المستخلصات المعدة من التوابل الثلاثة . تتواجد الالكلويدات والصابونين في مختلف المستخلصات المحضرة من الفلفل الحلو و جذور الكركم اما الكينون و الانثراكينونات فقد تواجدت في مختلف مستخلصات المعدة من جذور الكركم و غابت في المستخلصات المعدة من التوابل الأخرى .

أظهرت ثمار الفلفل الاحمر مستويات عالية من اجمالي البوليفينولات و الفلافونويدات حوالي 250 ميكروغرام معادل حمض الغاليك لكل ملغ من مستخلص الجاف و 33.33 ميكروغرام معادل الكاتشين لكل ملغ من مستخلص الجاف، على التوالي ، مقارنة مع التوابل الأخرى التي شملتها الدراسة.

وأشار استخراج وفصل المواد الملونة عن طريق كروماتوجرافيا الطبقة الرقيقة أن لون كل الجزئيات المنفصلة لمستخلصات الهيدروميثانول يختلف من واحدة لأخرى باختلاف المذيب المستعمل ووفقا لخاصية الذوبان التي تميز كل صبغة مذابة في نوع أو عدة أنواع من مذيبات الاستخراج. ثمار الفلفل الأحمر و جذور الكركم تمتلك قوة التلوين تميزت بحضور عدة بقع تمثل تعدد المكونات ذات نسب مختلفة في صفائح كروماتوجرافيا بطبقة رقيقة من كلا التوابل.

لقد أتاحت لنا نتائج هذا العمل القول أن التوابل لها فعلا تأثيرات علاجية و قوة تلوين يعودان أساسا إلى الجزئيات الحيوية.

الكلمات الدالة: الفلفل الاحمر . الكركم. الزعفران . المركبات الفينولية . الخصائص العلاجية. الالوان و الصبغات الطبيعية

Liste des Tableaux

Tableau 01 : Effets biologiques des principales épices.	4
Tableau 02 : Principaux pays producteurs d'épices sous les tropiques.....	5
Tableau 03 : Les dénominations de <i>Curcuma longa</i>	6
Tableau 04 :Résumé des effets pharmacologiques de la curcumine.....	9
Tableau 05 : Principaux constituants chimiques	11
Tableau 06 :Méthode de dosage des polyphénols totaux.....	33
Tableau 07 :Méthode de dosage des flavonoïdes totaux.....	35
Tableau 08 :Caractéristiques des extraits bruts hydrométhanoliques des épices étudiées.....	38
Tableau 09 : Résultats des tests phytochimiques recherchés dans les différents extraits bruts hydrométhanoliques d'épices étudiées	39
Tableau 10 : Résultats des dosages des composés phénoliques dans les extraits bruts hydrométhanoliques des épices étudiées (n=4).....	42
Tableau 11 : Différentes couleurs obtenues après extractions des pigments par acétone et éther de pétrole à partir des extraits hydrométhanoliques des fruits de <i>Capsicum annuum</i> et des rhizomes de <i>Curcuma Longa</i>	43
Tableau 12 :différents Rf (s) obtenus après séparation des constituants des extraits étudiés de rhizomes de <i>Curcuma Longa</i>	45
Tableau 13 : différents Rf (s) obtenus après séparation des constituants des extraits étudiés de des fruits de <i>Capsicum annuum</i>	46

Liste des Figures

Figure 01 : <i>Curcuma longa</i> A. Rhizome frais, B. aspect de la partie aérienne.....	7
Figure 02 : Coupe longitudinale d'un piment	11
Figure 03: La morphologie de <i>Crocus Sativus</i> L.	13
Figure 04: Squelette de base des flavonoïdes.	17
Figure 05: Structures chimiques (a) d'un tanin condensé et (b) d'un tanin hydrolysable	18
Figure 06: Structures de l'acide gallique (1) et ellagique (2).....	18
Figure 07: les principaux composés des coumarines	19
Figure 08: structure de quelques classes de la famille des alcaloïdes (La Morphine et Atropine)	21
Figure 09 : Structure de la molécule d'isoprène.	21
Figure 10: Courbe d'étalonnage des concentrations de l'acide gallique ($\mu\text{g/ml}$) pour le dosage des polyphénols (n=4).	40
Figure 11: Courbe d'étalonnage des concentrations de la catéchine ($\mu\text{g/ml}$) pour le dosage des flavonoïdes.	41
Figure 12: Extraction des pigments à partir des fruits de <i>Capsicum annum</i>	43
Figure 13: Extraction des pigments à partir des rhizomes de <i>Curcuma Longa</i>	43
Figure 14 A : Chromatogramme CCM pour la séparation des pigments de Curcuma révélation sous UV	44
Figure 14 B : Chromatogramme CCM pour la séparation des pigments de Curcuma, révélation sous vapeur d'iode. Ether di éthylique /Cyclohexane (35/15).....	44
Figure 15 A : Chromatogramme CCM pour la séparation des pigments de paprika, révélation sous vapeur d'iode. Système : Méthanol.....	46
Figure 15 B : Chromatogramme CCM pour la séparation des pigments de paprika révélation sous UV .Système : Méthanol.....	46

Liste des abréviations

AlCl₃ : Chlorure d'aluminium.

Ca : Calcium

CHOL: Cholestérol

CO₂ : Gaz carbonique

COOH: Carboxylic Acid

CCM : Chromatographie sur Couche Mince

FeCl₃: Chlorure de fer.

Fe : Fer

g : gramme

HCl: Acide chlorhydrique

Hb : Hémoglobine

HDL : Lipoprotéines de haute densité

KJ : Kilojoule

Kcal : Kilocalorie

Mg : Magnésium

m: mètre

mm: Millimètre

mg: Milligramme.

ml: Millilitre.

nm : Nanomètre

NH₄OH : Ammonium Hydroxide

NH₂ : Amino radical

P : Phosphore

Rf : Rapport Frontale

SO₃H: Acide Sulfonique

UV : Ultra-violet

VIH : Virus de l'Immunodéficience Humaine

Zn : Zinc

µg: Microgramme

µg Eq AG /mg ES : Microgramme Equivalent D'acide Gallique Par Milligramme D'extrait Sec.

ug Eq C / mg ES : Microgramme Equivalent Catéchine Par Milligramme D'extrait Sec.

Table de matières

Remerciement.....	
Résumé	
Abstract	
المخلص	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	1

Synthèse bibliographique

Chapitre I :Généralité sur les épices

1. Définition	3
2. Mode d'utilisation des épices	3
2.1. Utilisation nutritionnel	3
2.2. Utilisation médicinal	3
2.3. Utilisation en cosmétique	5
3. Les épices dans le marché	5
4. Les épices en Algérie	5
5. Présentation des épices étudiées.....	6
5.1. Rhizomes du Curcuma (<i>Curcuma longa</i> L.)	6
5.1.1. Classification systématique	6
5.1.2. Noms vernaculaires de l'espèce	6
5.1.3. Description Botanique.....	6
5.1.4. Composition chimique	7
5.1.5. Domaine utilisation	8
5.2 Les fruits de Paprika (<i>Capsicum annum</i> L.).....	10
5.2.1. Systématique	10
5.2.2. Nom vernaculaire	10
5.2.3. Description botanique	10
5.2.4. Composition chimique	11
5.2.5. Effet thérapeutique	12
5.3. Stigmates du Safran (<i>Crocus sativus</i> L.).....	12
5.3.1. Systématique	12
5.3.2. Nom vernaculaire	13
5.3.3. Description Botanique.....	13

5.3.4. Composition chimique	13
5.3.5. Utilisation du safran	14

Chapitre II :Les métabolites secondaires

1. Définition	16
2. Les composés phénoliques	16
2.1. Acides phénoliques	16
2.2. Les flavonoïdes	17
2.3. Les tanins :	17
2.4. Coumarines	19
3. Les composés azotés (alcaloïdes).....	20
4. Les composés terpéniques (terpènes).....	21

Chapitre III :Les colorants naturels

1. Généralités.....	23
2. Nature des colorants	23
2.1. Colorants naturels.....	23
2.2. Les colorants synthétiques	26
3. Applications des colorants	26
4. Colorant à base épices	27
4.1. Capsanthéine, Capsorubine : Extrait de Paprika	28
4.2. La Curcumine: Extrait de Curcuma.....	28

Partie Expérimentale

Chapitre I: Matériels et Méthodes

1. Matériel végétal.....	29
1.1. Capsicum annuum	29
1.2. Curcuma longa.....	29
1.3. Crocus sativus.....	29
2. Extraction	30
2.1. Infusion.....	30
2.2. Macération.....	30
2.3. Décoction.....	30
3. Calcul des rendements d'extraction	30
4. Screening phytochimique.....	31
4.1. Les alcaloïdes	31
4.2. Les Composés phénoliques	31

4.3. Les Composés terpéniques	32
4.4. Les composés réducteurs	32
5. Dosage des composés phénoliques	32
5.1. Dosage des polyphénols totaux	32
5.2. Dosage des flavonoïdes totaux :	34
6. Analyse statistique.....	35
7. Extractions et séparations des pigments.....	36
7.1. Préparation des extraits.....	36
7.2. Extractions des pigments	36
7.3. Séparation des pigments par chromatographie sur couche mince.....	37

Chapitre II : Résultats et interprétations

1. Détermination des caractéristiques et des rendements des extraits bruts hydrométhanoliques des épices séchées et broyées	38
2. Tests phytochimiques	39
3. Dosage des poly phénols totaux et flavonoïdes totaux.....	40
4. Extractions des pigments	43
4.1. Couleurs des pigments obtenues après extraction.....	43
4.2. Séparation des pigments par CCM	44
<i>Discussion</i>	48
<i>Conclusion et perspectives</i>	50
<i>Références bibliographique</i>	54

Introduction

L'Algérie possède une richesse floristique considérable. En compte environ 3000 espèces de plantes dont 15% sont endémiques (**Quezel et Santa, 1963**). Ce potentiel de plantes médicinales comporte des milliers d'espèces présentant divers intérêts et constituent un axe de recherche scientifique, plus particulièrement dans le domaine des substances naturelles.

Les épices sont des parties séchées des plantes aromatiques, utilisées en entier ou en poudre ; seules ou en mélanges. Elles sont destinées pour donner de la saveur, de la couleur et de l'arôme pour assaisonner les aliments.

Bien au-delà de leurs qualités gustatives, les épices présentent de très nombreux bienfaits pour la santé, et font parfois l'objet d'une utilisation ancestrale pour leurs propriétés médicinales. Les épices sont classées parmi les plantes médicinales (**Annou, 2017**).

L'Algérie est un grand pays consommateur d'épices. Ces épices sont en majorité d'origine méditerranéenne d'usage courant et font partie de la flore spontanée bien qu'elles soient importées.

Cette diversité nous a incité à étudier trois épices utilisées la population de l'ouest algérien : fruits de *Capsicum annuum* L. (Paprika), rhizomes de *Curcuma longa* (curcuma) et les stigmates des fleurs *Crocus sativus* L. (Safran).

Notre choix pour ces épices est justifié par le fait que celles-ci sont riches en molécules bioactives notamment connus pour leurs propriétés thérapeutiques diverses et les pigments pour leurs pouvoir colorant.

L'extraction de principes actifs de ces métabolites est une étape très importante dans leur isolement, aussi bien que dans leur identification (**Mahmoudi et al., 2013**).

La qualité alimentaire ou thérapeutique d'un extrait naturel est liée à l'efficacité et à la sélectivité du procédé d'extraction utilisé (**Nkhili, 2009**). Parmi les divers procédés utilisés, on compte l'extraction par macération, infusion et décoction.

De nos jours les épices choisies sont très ciblant par la communauté scientifique. Ce qui nous amène à poser la problématique suivante : Est-ce que nous pouvons détecter des nouvelles molécules bioactives à base épice répondre aux différents problèmes de la santé? Peut-on résoudre les problèmes des additifs artificiels et éviter leurs effets néfastes sur la santé en extrayant les pigments naturels des épices ?

A partir de cette problématique découle une série de questions :

- Quels est la composition phytochimique des trois épices ?
- Quels sont les pigments qui caractérise chaque épice et quelles sont leurs propriétés physicochimique ?
- Quel sont les facteurs peuvent vraiment influencer sur la quantité des composés phénoliques, le rendement et la stabilité des pigments ?
- Quel est le meilleur mode d'extraction appliqué sur les épices ?
- Quels sont les solvants efficaces pour l'extraction des pigments ?

Pour y répondre, nous avons jugé utile de proposer les hypothèses suivantes :

- Ces trois épices étudiés possèdent-elles des compositions chimiques variées ?
- Les couleurs différentes des épices reviennent-elles à la présence des pigments caractérisant un épice à l'autre ?

Pour tenter de confirmer ces hypothèses, nous avons organisé ce présent travail en deux parties : la première partie comporte trois principaux chapitres, en plus de l'introduction et la conclusion générale avec ses perspectives. Le premier chapitre sera consacrée à la revue bibliographique mettant l'accent sur des généralités sur les épices, l'étude de trois épices *Capsicum annuum*, *Curcuma Longa*, *Crocus sativus*, sa composition chimique et l'effet thérapeutique.

Le deuxième chapitre présente les différents métabolites secondaires, structures et les propriétés pharmacologiques et le troisième chapitre est concernant les colorants naturels, leurs applications.

La deuxième partie est la partie expérimentale faite sur le fruit de *Capsicum annuum*, rhizomes de *Curcuma Longa* et stigmates des fleurs de *Crocus sativus* en différentes étapes:

- 1- Préparation des extraits:
- 2- Réalisation des tests phytochimiques;
- 3- Dosage des polyphénols totaux et flavonoïdes ;
- 4- Extractions et séparations des pigments.

Synthèse
bibliographique

Chapitre I :
Généralité sur les
épiques

1. Définition :

Provenant du mot latin « **species** » signifiant toute espèce ou substance, les épices sont des parties de plantes aromatiques à la saveur forte ou des préparations, notamment des mélanges faits à partir de ces plantes, utilisées en petite quantité en cuisine et servant à l'assaisonnement des mets. Elles sont destinées à relever, parfumer, conserver et colorer tout en procurant une saveur particulière (**Carole, 2011 ; Alix, 2012; Przygodzka et al., 2014**).

2. Mode d'utilisation des épices :

2.1. Utilisation nutritionnel :

Les épices apportent de la variété et de goût aux denrées de base et aux sauces, ce qui excite l'appétit et permet de manger plus (**Redhead, 1990**).

On utilise les épices comme aromates pour l'assaisonnement, la coloration et la conservation des aliments ou des boissons. Certaines épices sont aussi utilisées comme suppléments diététiques (**Wichtl et Antor, 2003**).

Certaines épices doivent être ajoutées en début de cuisson, d'autres ne doivent pas cuire sous peine de perdre toutes leurs qualités (**Sophie, 2006**).

2.2. Utilisation médicinal :

Les épices sont classées parmi les plantes médicinales (**Annou, 2017**), les vertus médicinales et thérapeutiques des épices sont dues à leur richesse en métabolites secondaires dits principes actifs qui agissent directement sur l'organisme (**Farag et al., 1989 ; Bulduk, 2004 ; Al-Gabbiesh, 2015**).

Les épices ont de nombreuses indications thérapeutiques et préventives : antimicrobienne, antioxydante, antiseptiques, analgésiques et anti-inflammatoires. Elles sont également indiquées pour lutter contre les maladies du stress (**Tableau 1**) (**Mohammedi, 2006**).

Tableau 01 : Effets biologiques des principales épices (Keith, 2006).

Effets Biologique	Epices
Antioxydant	toutes les épices, mais plus particulièrement cannelle, clou de girofle, gingembre, thym ..
Anti cancéreux (prévention)	Anis, basilic, poivre noir, carvi, agrumes, clou de girofle, fenouil, ail, gingembre, thé vert, moutarde, romarin, soja, curcuma
Contrôle des lipides sanguins	Câpre, cannelle, agrumes, coriandre, fenugrec, ail, gingembre, origan, romarin, soja, anis étoilé, thym
Fluidifiant sanguin	Câpre, cannelle, coriandre, fenugrec, ail, gingembre
Control de la glycémie	Cannelle, gingembre, oignon, origan, romarin, thym
Anti-inflammatoire	Feuille de laurier, poivre noir, ail, gingembre, thé vert, origan, romarin, thym, curcuma,
Antibactérien	Toutes les épices, mais plus particulièrement anis, basilic, feuille de laurier, poivre noir, piment doux, cardamome, céleri, cannelle, clou de girofle, coriandre, cumin, fenouil, ail, gingembre, mélisse, marjolaine, menthe, moutarde, noix de muscade, oignon, origan, persil, romarin, sauge, thym
Immuno- modulation	Poivre noir, ail
Neutralisation de Toxines	Carvi, agrumes, coriandre, ail, thé vert, moutarde, romarin, curcuma
Hépatoprotecteur	Curcuma
Digestive	Anis, fenouil, carvi, basilic, cardamome, mélisse, thym, gingembre, estragon

2.3. Utilisation en cosmétique :

Un grand nombre des épices et leurs constituants sont utilisés dans l'élaboration des parfums, produits de beauté et produits de propreté. Ces essences servent à préserver ces cosmétiques grâce à leur activité antiseptique tout en leur assurant leur odeur agréable.

Par exemple les huiles essentielles de la cannelle et du clou de girofle utilisées largement dans la fabrication des dentifrices (**Sophie, 2006**).

3. Les épices dans le marché :

Chaque communauté connaît localement des types d'épices, qui poussent généralement à l'état spontané, mais de nombreuses épices tropicales sont cultivées à l'échelle commerciale et sont préparées et traitées comme des cultures destinées à l'exportation. Les plus importants pays producteurs d'épices tropicales figurent au (**Tableau 2**) (**Brooks, 2004**).

Tableau 02 : Principaux pays producteurs d'épices sous les tropiques (**Boelen, 1990**)

Pays	Principales épices produites
Inde	Poivre, curcuma, cumin, piments cardamome, gingembre
Indonésie	poivre, muscade, macis, vanille, clous de girofle, cumin
Madagascar	poivre, vanille, cannelle, clous de girofle
Sarawak	poivre
Tanzanie	Curcuma, clous de girofle, piments, cardamome, anis
Sri Lanka	poivre, curcuma , cannelle, cardamome, muscade
Jamaïque	curcuma, gingembre, toute épice
Brésil	poivre, graine de sésame
Mexique	piment, toute épice, anis, cumin, vanille, paprika

4. Les épices en Algérie :

À l'instar des autres pays maghrébins, l'Algérie est une grande consommatrice d'épices, ses importations pour certains produits ont augmenté plus rapidement que celles des exportations

mondiales. Les produits concernés sont : le poivre, les piments, la cannelle, le curcuma et le gingembre, pour lesquelles une demande accrue est enregistrée (Ilbert et al., 2016).

5. Présentation des épices étudiées :

5.1. Rhizomes du Curcuma (*Curcuma longa* L.) :

Curcuma est une épice très répandue dans les régions à précipitations très saisonnières d'Asie tropicale et d'Australie septentrionale (Loap, 2008).

5.1.1. Classification systématique :

Règne : Plantae

Sous embranchement : Magnoliophyta

Classe : Liliopsida

Ordre : Zingiberales

Famille : Zingiberaceae

Genre : Curcuma

Espèces : *longa* (Anil et al., 2011).

5.1.2. Noms vernaculaires de l'espèce :

Les noms vernaculaires de *Curcuma longa* sont résumés dans le tableau 3

Tableau 03 : Les dénominations de *Curcuma longa* (Loap, 2008)

Langue	Dénomination
Arabe	Kurkum
Français	Curcuma long, safran des Indes
Anglais	Turmerie, India saffron

5.1.3. Description Botanique :

Curcuma longa est une plante vivace atteignant un mètre, pérenne par son rhizome (Cheikh Ali, 2012). Les rhizomes représentent la partie consommée comme épice. Une odeur aromatique se dégage après section du rhizome (Cheikh Ali, 2012). Ses feuilles, très longues,

oblongues à elliptiques, engainantes, possèdent une puissante nervure axiale et des nervures secondaires parallèles. À l'aisselle, desquelles, naissent les fleurs de couleur blanche ou jaunâtre (Boullard, 2001).

Le fruit, rarement produit, est une capsule à trois loges, contenant de nombreuses graines arillées (figure 1) (Cheikh Ali, 2012).



Figure 01 : *Curcuma longa* A. Rhizome frais, B. aspect de la partie aérienne

(Shiyou et al., 2011)

5.1.4. Composition chimique :

Pour 100 g de partie comestible, la poudre de curcuma contient approximativement :

Eau	11,4 g
Energie	1481 kJ (354 kcal)
Protéines	7,8 g
Lipides	9,9 g
Glucides	64,9 g dont l'Amidon : 45 à 55% de la composition totale
Fibres alimentaires	21,1 g
Ca	183 mg
Mg	193 mg
P	268 mg
Fe	41, 4 mg
Zn	4, 4 mg

Vitamine A	traces
Thiamine	0, 15 mg
Riboflavine	0, 23 mg
Niacine	5, 14 mg
Folate	39 µg
Acide ascorbique	25,9 mg

Par distillation à la vapeur d'eau, les rhizomes produisent 2 à 7% d'huile essentielle (**Jansen et al., 2005**)

5.1.5. Domaine utilisation :

Le rhizome est la partie utilisée de la plante. Il est réduit en poudre et utilisé en tant qu'épice alimentaire pour renforcer la saveur des aliments et les conserver, et comme colorant des aliments et des textiles (**Mena, 2015**).

Le curcuma et ses curcuminoïdes ont fait l'objet de préparations thérapeutiques. C'est un traitement efficace pour diverses affections respiratoires ainsi que les désordres hépatiques, l'anorexie, les rhumatismes, les rhumes, les sinusites, les douleurs abdominales (**Araujo et al., 2010**)

La curcumine possède des propriétés : antioxydante, anti-inflammatoire, anticancéreuse antinéoplasique, antidiabétique, antivirale, dans la prévention du cancer et de la maladie d'Alzheimer, le traitement des maladies cardio-vasculaires et de l'athérosclérose (**Tableau 04**) (**Bernard et al., 2005**).

Cette épice est porteuse de grands espoirs dans l'élaboration de traitements novateurs en médecine humaine dans des voies d'avenir aussi variées que la chimiothérapie anticancéreuse ou les traitements antisida (**Vaquier, 2010**).

Tableau 04:Résumé des effets pharmacologiques de la curcumine (**Bernard et al., 2005**)

Type d'étude	Effets
Inflammation (homme) Post-opératoire Polyarthrite rhumatoïde Uvéite antérieure chronique Pseudotumeur orbitale idiopathique chronique	↓ des marqueurs de l'inflammation ↓ de la symptomatologie Amélioration et ↓ récurrences Réponse totale au traitement dans 50% des cas
Cancer (homme) Voies aérodigestives (localement) Lésions précancéreuses (vessie, peau, col de l'utérus, estomac, muqueuses digestives) colorectaux avancés réfractaires	↓ taille des lésions (10 % des patients) Amélioration histologique des lésions (15 à 50 % des patients selon le type de lésion) stabilisation radiologique (13.3 % des patients)
Athérosclérose (homme) Volontaires sains	↓cholestérol total (11.6%) ↓ des lipides peroxydés (33%), ↑HDL-Chol(29%)
Diabète Rat diabétique albinos Souris diabétique Rat diabétique (streptozotocine)	Effet hypoglycémiant ↓Hb glyquée ↓ pic d'hyperglycémie ↓ lésion rénales ↓cataracte
Immunité Souris Rat, modèle d'allergie de type I et IV Homme, VIH+	↑phagocytose macrophages péritonéaux Régulation prolifération des lymphocytes spléniques ↓de la réaction allergique, ↓ libération d'histamine pas d'effets

5.2 Les fruits de Paprika (*Capsicum annuum* L.) :

Le genre *Capsicum* est de la famille des Solanacées qui comprend 20 espèces et quelque 300 variétés. Les plus connues sont *Capsicum annuum*, *Capsicum frutescens* et *Capsicum chinense*. Leur répartition géographique se fait dans les pays chauds du globe (**Goetz et Le Jeune, 2012**).

5.2.1. Systématique :

La classification botanique internationale pour le piment est la suivante (**Goetz et Le Jeune, 2012**) :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Super division	Spermatophyta
Division	Magniolophyta
Classe	Magniolopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Solanales
Famille	Solanaceae
Genre	<i>Capsicum</i>
Espèce	<i>annuum</i>

5.2.2. Nom vernaculaire :

Les dénominations vernaculaires *Capsicum annuum*

- **Arabe** : filfil-el-ahmar
- **Français** : poivre de Guinée, piment de Cayenne, paprika
- **Anglais** : Bell Pepper, Cherry Pepper, Cone Pepper, Green Pepper, Paprika, Sweet Pepper (*Capsicum frutescens*) Cayenne, Chili, Hot Pepper, Red Chili, Spur Pepper, Tabasco (**Goetz et Le Jeune, 2012**).

5.2.3. Description botanique :

Le *Capsicum* est un sous-arbrisseau buissonnant, se développant après deux à trois années en forme d'arbuste de 0,5 à 1 m de haut. Ses feuilles sont ovales, lancéolées, groupées par trois. Ses fleurs sont blanches sales, à raison de cinq à sept, disposées par paires ou solitaires.

Le fruit est fait de baies peu charnues très polymorphes et de couleur variable (vert, jaune, rouge, pourpre) renfermant de nombreuses graines jaunâtres (**figure 2**) (**Boullard, 1997**).

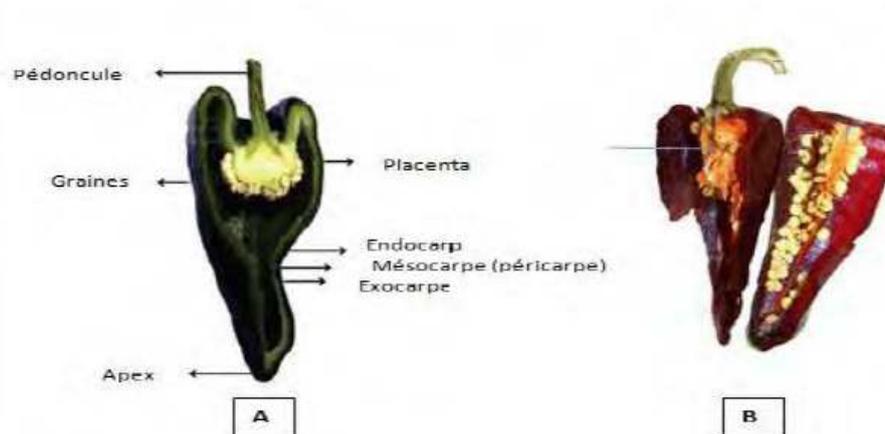


Figure 2 : Coupe longitudinale d'un piment

A : piment vert frais ; B : piment rouge séché (**Tellez Perez, 2013**)

5.2.4. Composition chimique :

Les principaux constituants chimiques sont résumés dans le tableau 05.

Tableau 05: Principaux constituants chimiques (**Goetz et Le Jeune, 2012**)

Familles de constituants chimiques	principaux constituants chimiques
Caroténoïdes	β -carotène : Capsanthine, capsorubine (rouge) Cucubitène (jaune)
Capsaïcinoïdes : amides résultant de la combinaison de vanillylamine avec un acide gras conduisant à la capsaïcine	Capsaïcine Dihydrocapsaïcine, Homocapsaïcine
Huiles essentielles Huile grasse (9–17 %)	125 constituants dont les alkylméthoxy-pyrazines
Stéroïdes	Capsicoside
Hétérosides diterpéniques	Capsianosides
Vitamine C	395,51 mg/100 g (fruit rouge) 477,32 mg/100 g (fruit jaune)
Sucre 6 %	

5.2.5. Effet thérapeutique :

Les deux groupes de produits chimiques les plus importants trouvés dans les piments sont les caroténoïdes et les capsaïcinoïdes (**Bosland et al., 2000**). En plus de sa capacité de coloration, les caroténoïdes présentent des propriétés biologiques importantes, comme étant des antioxydants et capteurs de radicaux libres qui réduisent le risque de cancer. Certains d'entre eux (β -carotène, crypto xanthine, etc.) ont également une activité de provitamine A (**Zaki et al., 2017**).

Le *Capsicum* est considéré comme stimulant, antispasmodique, carminatif, diaphorétique, antiseptique, rubéfiant et antalgique (**Lorenzi, 2002**). Il a aussi un effet protecteur de la muqueuse digestive (**Pimparkar et al., 1972**).

En Europe, l'extrait de *Capsicum* était souvent utilisé en externe contre les hémorroïdes, la goutte, la névralgie et le rhumatisme (**Madaus, 1938**).

5.3. Stigmates du Safran (*Crocus sativus* L.) :

Le nom "safran" est dérivé du latin safranum, lui-même inspiré de l'Arabe "zaafarân" dont la racine exprime une notion essentielle, la couleur jaune. Le nom de genre "Crocus" vient du grec Krokos, qui veut dire "filament", par allusion aux stigmates de la plante. Le terme "sativus", quant à lui, signifie "cultivé", car le *Crocus sativus*, par sa reproduction végétative, ne peut se multiplier sans la main de l'homme (**Dupont, 2001**).

Les principales régions de culture sont : Iran, Grèce, Maroc, l'Espagne, l'Inde. Ces pays sont les premiers exportateurs mondiaux de safran (**Palomares, 1988**).

5.3.1. Systématique :

La classification taxonomique de la série *C. sativus* est la suivante: (**Saxena, 2010 ; Srivastava et al., 2010**).

Royaume	plantae
Division	Spermatophyte
Sous-division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous-classe	Liliidae
Ordre	Liliales
Famille	Iridaceae

Genre Crocus

Espèce *Sativus*

5.3.2. Nom vernaculaire :

Les dénominations internationales du mot **safran** (Rahmouni et Reghis, 2016) :

- **Arabe** : Azzaàfarane, Azzaàfarane Alhorr, Azzaàfarane chaàra
- **Français** : safran, safran cultivé, safran de Gâtinais
- **Anglais** : saffron crocus

5.3.3. Description Botanique :

C. sativus est une petite plante herbacée, vivace, à bulbe et acaule. Le bulbe appelé vulgairement "oignon" est dit solide. Il mesure ordinairement 30 mm de diamètre, sur 20 à 25 mm de hauteur. La fleur, de couleur violette, est hermaphrodite, régulière, avec un périanthe tubulaire allongé comprenant 6 pièces disposées en verticille trimères. L'androcée est composé de trois étamines de 22 mm de long de couleur jaune, superposées chacune à un sépale. Le gynécée comprend un ovaire à trois loges, surmonté d'un style, de couleur jaune, blanc, grêle et très allongé qui se divise en trois stigmates ou flèches. Les stigmates sont très odorants (Figure 03) (Rahmouni et Reghis, 2016).

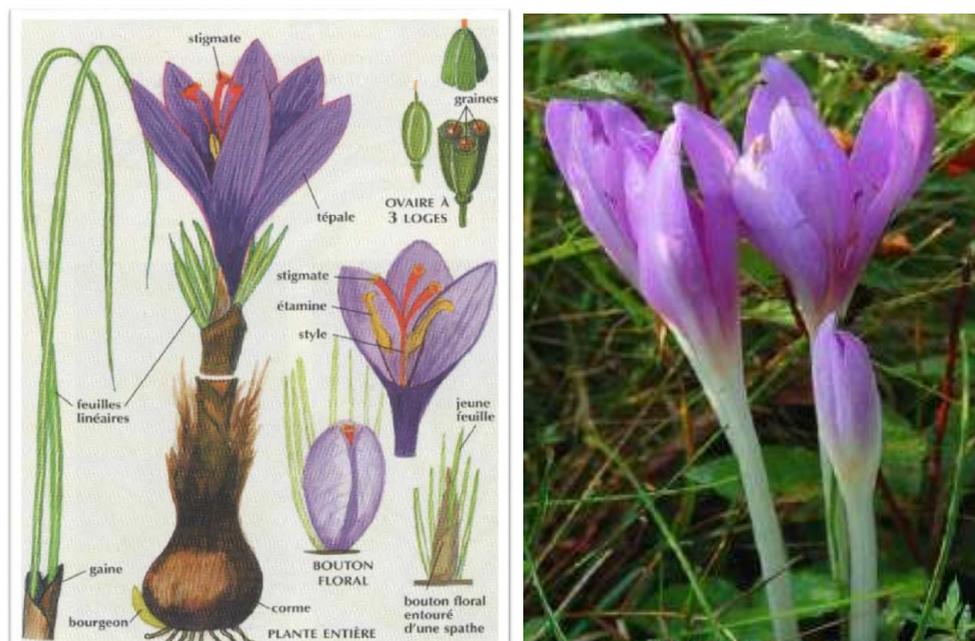


Figure 03: La morphologie de *Crocus Sativus* L. (Arvy et Gallouin, 2003; Sullivan, 2011)

5.3.4. Composition chimique :

- Eau 10 à 14%
- Cendres minérales totales ~ 8%
- Matières organiques totales ~ 78%

➤ Composition organique

Diverses études analytiques ont été conduites pour caractériser un grand nombre de composés biologiquement actifs trouvés dans le Safran. Les quatre principaux composés biologiquement actifs sont :

- La Crocine et la Crocétine qui sont deux pigments caroténoïdes responsables de la couleur jaune-orangé de l'épice
- La Picrocrocine, apportant au Safran sa saveur et son goût amer
- Le Safranal, un composé volatil responsable de l'arôme et de l'odeur si spécifique au Safran.

Ainsi, ces principaux constituants contribuent-ils non seulement au profil sensoriel du Safran (couleur, goût, arôme) mais aussi aux propriétés intéressant la santé (**Hu et al., 2008**).

5.3.5. Utilisation du safran :

Le safran est employé essentiellement pour son pouvoir colorant et pour ses principes actifs (caroténoïdes, etc...).

Pouvoir colorant

La couleur jaune d'or du Safran est utilisée dans la peinture, les textiles, et l'agroalimentaire (**Talbi et Madjber, 2017**).

Activités biologiques du safran

Beaucoup des vertus thérapeutiques ont été attribuées au Safran : antioxydants, anticancéreux, anticonvulsivants, anti-ischémiques, anti-génotoxiques, antidote, anti apoptotiques, antitussifs, antidépresseurs, sédatifs et hypnotiques, hypolipidémiques, anti nociceptifs et anti-inflammatoires (**Rahimi, 2015**)

Dans les extraits de safran, les caroténoïdes sont les constituants biologiquement actifs. Plusieurs mécanismes ont été proposés :

- l'effet inhibiteur du safran sur la synthèse d'acides nucléiques

- l'effet inhibiteur sur les réactions en chaîne des radicaux libres : les caroténoïdes liposolubles agissent comme une protection active contre les radicaux libres
- la conversion métabolique naturelle des caroténoïdes en rétinoïdes
- les propriétés antioxydantes du safran

La Crocine est la molécule la plus active ce pourrait être utilisé dans le traitement de maladies neurodégénératives accompagnées de perte de mémoire.

Le Safran a une activité sur les fonctions sanguines et rétinienne (Talbi et Madjber, 2017).

Chapitre II :
Les métabolites
secondaires

1. Définition :

Les métabolites secondaires sont des molécules essentielles à la vie des plantes et leur interaction avec l'environnement. Ils sont également des sources importantes pour les produits pharmaceutiques, les additifs alimentaires et les arômes (**Ramakrishna et Ravishankar, 2011**).

La concentration de ces molécules dans les différentes parties des plantes est influencée par plusieurs facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité, l'intensité lumineuse, l'eau, les sels minéraux et le CO₂ (**Ramakrishna et Ravishankar, 2011**).

Les métabolites secondaires se trouvent dans toutes les parties des plantes mais ils sont distribués selon leurs rôles défensifs en trois classes : les composés phénoliques, les composés azotés (alcaloïdes) et les composés terpéniques (terpènes). Chacune de ces classes a des propriétés biologiques diverses : antioxydants, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, anticancéreuses etc... (**Lehout et Laib, 2015**) cette distribution varie d'une plante à l'autre (**Merghem, 2009**).

1. Les composés phénoliques :

L'expression de « composés phénoliques » est utilisée pour toutes substances chimiques possédant dans sa structure un noyau aromatique, portant un ou plusieurs groupements hydroxyles (**Skoula et al., 1996**). Ils sont généralement bio synthétisés par trois voies différentes: voie Shikimique, voie Acétate-Malonate ou voie des polycétides et voie acétate Mévalonate (**Thayumanavan et Sadasivam, 2003**).

La classification des composés phénoliques est basée essentiellement sur la structure, le nombre de noyaux aromatiques et les éléments structuraux qui lient ces noyaux

(**Rahmouni et Reghis, 2016**).

1.1. Acides phénoliques :

Les acides phénoliques sont des composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. Ils sont représentés par deux sous-classes les dérivés de l'acide hydroxybenzoïque (C6-C1) et de l'acide hydroxycinnamique (C6-C3) (**Bruneton, 2008**). Ils sont synthétisés via la voie shikimate pour le premier et par la voie de phénylpropanoïde pour le second (**Haslam, 1998**).

1.2. Les flavonoïdes :

Les flavonoïdes sont des molécules poly substituées ubiquitaires chez les plantes, formées à partir des acides aminés aromatiques phénylalanine, tyrosine et du malonate.

La structure de base de flavonoïde est le noyau flavane, composée de 15 atomes de carbone disposés en trois cycles (C6-C3-C6) qui sont nommés cycle A, cycle B et cycle C (**Figure 04**) (**Stalikas, 2007**).

Les flavonoïdes jouent un rôle très important dans la croissance des plantes, la floraison, la fructification et la défense contre les maladies et les microorganismes.

Ils ont également un rôle très important pour la santé humaine. Ils sont efficaces pour l'inflammation chronique, les maladies allergiques, les maladies coronariennes, le cancer (**Ebadi, 2001 ; Ghedira, 2005**) et un autre rôle important dans le système de défense et anti virales (**Iserin, 2001**).

Ils sont aussi considérés comme des puissants antioxydants, piègeurs des radicaux libres réactifs et chélateurs d'ions métalliques. Ils font la réduction de la production des radicaux libres par inhibition de l'enzyme de la régénération d'antioxydants lié à la membrane telle que l' α -tocophérol (**Rita et Farit, 2009**).

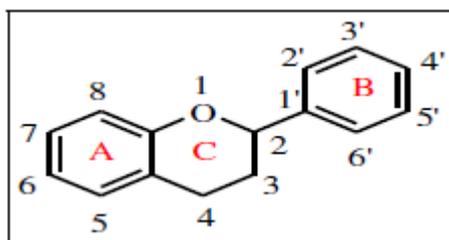


Figure 04: Squelette de base des flavonoïdes (**Crozier, 2003**).

1.3. Les tanins :

Les tanins sont des métabolites secondaires poly phénoliques de saveur astringente (**Khambalee et Ree, 2001**) localisés dans les vacuoles (**Aguilera-carbo et al., 2008**). Ils sont caractérisés par leurs propriétés de combinaison aux protéines (**Paris et Hurabeillem, 1981**). Cette combinaison se fait par l'intermédiaire de liaison hydrogénée entre le groupement NH_2 des protéines et les groupements OH phénoliques des tanins (**Guignard, 1996**).

Ils permettent d'optimiser la valeur nutritive des aliments, ainsi que les qualités organoleptiques des boissons (**Bernard et Metche, 1980**). Ils sont utilisés en thérapeutique, dans le traitement des maladies du système veineux et capillaire (**Teetes et al., 1980**), comme antiseptique, anti diarrhéique et antioxydante (**Kheffache, 2015**).

On distingue deux types des tanins selon leurs structures et leurs propriétés, les tanins hydrolysables et les tanins condensés (**Figure 5**).

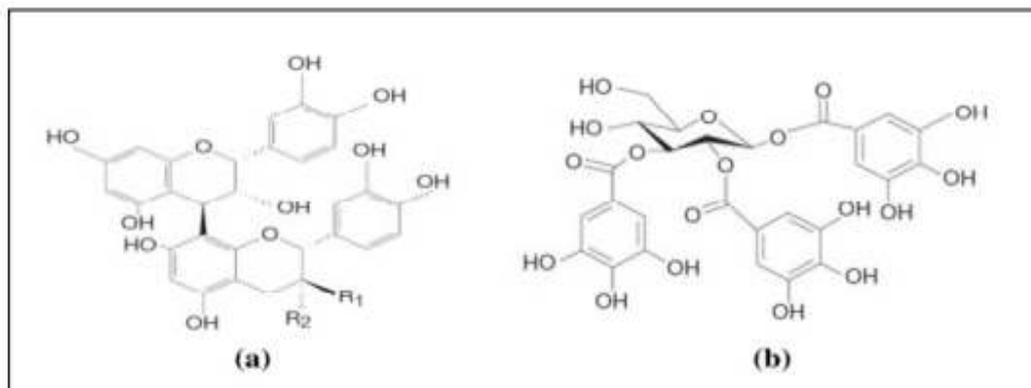


Figure 05: Structures chimiques (a) d'un tanin condensé et (b) d'un tanin hydrolysable (Favier, 2003).

➤ **Les tannins hydrolysables :**

Les tannins hydrolysables sont des oligo- ou polyesters d'un sucre, en général le glucose, associés à des molécules d'acide-phénol (Bruneton, 1999b; Mueller-Harvey, 2001). Ils sont classés selon la nature de l'acide-phénol : les **tanins galliques** possèdent un acide gallique et les **tanins éllagiques** ont un acide hexahydroxyphénique (Figure 06) (Hagerman, 2002).

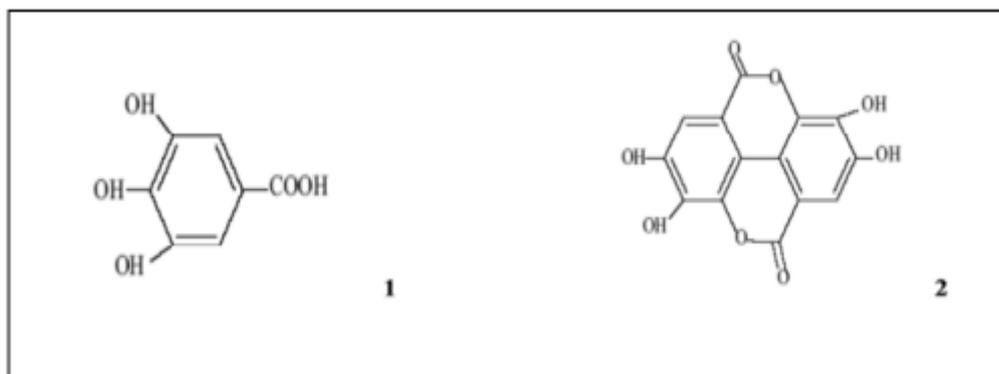


Figure 06: Structures de l'acide gallique (1) et ellagique (2) (Packer, 2001)

Ces substances s'hydrolysent facilement en milieux acides et alcalins ou sous l'action d'enzymes (tels que la tannase), pour donner des glucides et des acides phénoliques (Leinmüller et al., 1991).

➤ Les tanins condensés

Les tannins condensés ou proanthocyanidols sont des oligomères ou des polymères d'unités de flavane. L'unité de base (ou monomère) est un flavan-3-ol (catéchine), lié par des liaisons du type C-C ou C-O-C (Bruneton, 1999 b; Schofield et al., 2001).

1.4. Coumarines

Les coumarines sont des composés phénoliques ayant un squelette de base en C6-C3 généralement hydroxylés. Ce sont des composés aromatiques dérivant de l'acide O-hydroxy-Z-cinamique. Ils sont constitués trois types : les furanocoumarines, les pyranocoumarines et les hydroxycoumarines (Figure 7) (Collin et Crouzet, 2011).

Les coumarines se rencontrent dans la nature sous forme de combinaisons, qui sont des hétérosides (Kheffach, 2015).

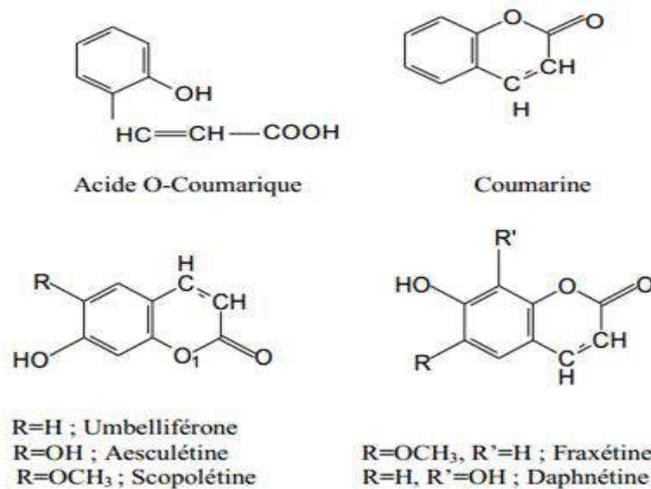


Figure 07: les principaux composés des coumarines (Collin et Crouzet, 2011)

Les coumarines sont utilisées en phytothérapie, mais à des doses beaucoup plus faibles. Elles sont présentes dans les aliments et les boissons seulement sous la forme de préparations aromatisants naturelles.

L'odeur de foin fraîchement coupé des coumarines est très utilisée en parfumerie. Elles s'associent bien à la vanilline. Elles sont aussi utilisées dans les produits cosmétiques (déodorants, crèmes, shampoings...etc.).

Pour neutraliser ou masquer les mauvaises odeurs, les coumarines sont aussi ajoutées aux peintures, insecticides, encres, aux aérosols, au caoutchouc ou aux matières plastiques.

Les coumarines ont des propriétés antioxydantes et participent dans la prévention de la peroxydation lipidique membranaire et le piégeage des radicaux hydroxyles, superoxydes (**Igor, 2002**).

Elles possèdent d'autres activités antimicrobienne, anti-inflammatoire, anticoagulante, anti tumorale, diurétiques et analgésiques (**Stefanova et al., 2007**).

2. Les composés azotés (alcaloïdes) :

Les alcaloïdes sont des substances organiques le plus souvent d'origine végétale, azotées, basiques et douées à faible dose de propriétés physiologiques marquées (**Belabbassi, 2012**)

Ce sont des corps de masse moléculaire faibles et de fonction basique. Cette dernière est un facteur d'instabilité pour ces molécules qui à l'état de base et en solution, sont sensibles à la chaleur, à la lumière et à l'oxygène (**Amrouche et Yaya, 2017**).

Selon l'origine biosynthétique on distingue trois types d'alcaloïdes :

- **Les alcaloïdes vrais** : l'azote est inclus dans un hétérocycle. Ils sont tous dérivés des acides aminés.
- **Les proto-alcaloïdes** : ils ne possèdent pas un azote intra-cyclique, ils ont une structure proche des amines (**Ghedjati, 2015**).
- **Les pseudo-alcaloïdes** : ils présentent le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais, mais ne sont pas des dérivés des acides aminés (**Figure 8**) (**Pinheiro, 2015**).

Les alcaloïdes sont utilisés comme antalgiques majeurs (morphine), antipaludéen (quinine), pour combattre l'excès d'acide urique (colchicine), comme substance paralysante (curare, caféine), comme poisons (strychnine, nicotine), comme stupéfiants (cocaïne, mescaline), comme cholinergique (pilocarpine) ou comme anticancéreux (vinblastine, vincristine) (**Lamnaouer, 2002**).

Un vaste catalogue de propriétés thérapeutiques des terpénoïdes peut être établi notamment : des propriétés antiseptiques, anti-inflammatoires, spasmolytiques et sédatives (**Bruneton, 2009**).

➤ **Les saponines**

Les saponines sont des glycosides contenus dans les plantes. Elles tirent leur nom au fait qu'elles moussent lorsqu'on les mélange avec l'eau (**Makhloufi, 2013**).

Ce sont des constituants de nombreuses plantes médicinales ; elles existent sous deux formes : les stéroïdes et les tri-terpénoïdes. Elles sont souvent expectorantes et facilitent l'absorption des aliments (**Eberhard et al., 2005**).

Elles ont des propriétés tensioactives et biologiques importantes et sont utilisées dans des domaines variés tels que l'industrie, la pharmacie et la cosmétologie. Elles possèdent une grande variété d'activité biologique telle que : antipyrétique, antalgique, immuno-modulatrice, anti-inflammatoire, anticoagulante (**Makhloufi, 2013**).

Chapitre III :
Les colorants naturels

1. Généralités :

Un colorant est une substance fortement colorée qui réagit avec le milieu dans lequel elle est introduite, et le colore en s'y dissolvant et en s'y dispersant (**Pagga et Brown, 1986 ; Saidi, 2013**).

Il est caractérisé par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (365nm à 750nm), la transformation de la lumière blanche en lumière colorée par réflexion sur un corps, ou par transmission ou diffusion. Il résulte de l'absorption sélective d'énergie par certains groupes d'atomes appelés chromophores (**Benitez et al., 2001; Saidi, 2013**).

Les chromophores sont des groupes aromatiques responsables de la production de la couleur (systèmes π , liaison π , électron n). Plus la facilité du groupe chromophore à donner un électron est grande plus la couleur sera intense.

D'autres groupes d'atomes du chromogène intensifient ou changent la couleur due au chromophore dit « auxochrome » (**Heredia et al., 2001 ; Abdelmalek et al., 2008**). Ce sont des groupements ionisables de types $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$ et $-\text{SO}_3\text{H}$, qui permettent d'assurer la solubilité dans l'eau et de créer une liaison entre le colorant et le substrat (**Marinho et al., 2017**).

En général, les colorants consistent en un assemblage de groupes chromophores, auxochromes et de structures aromatiques conjuguées (cycles benzéniques, anthracène, perylène, etc.) (**Zhenwang et al., 2000 ; Megueded, 2012**).

2. Nature des colorants :

Il existe deux grandes classes de colorants : les colorants naturels et les colorants synthétiques

2.1. Colorants naturels :

La majorité des colorants naturels utilisés sont d'origine végétale, extraits des plantes, des arbres (par exemple le rouge de betterave, Chlorophylle E, Curcuma, Paprika) ou des lichens, ou bien d'origine animale, extraits des insectes comme le kermès et la cochenille ou des mollusques, ou bien encore dans les micro-organismes (**Benaissa, 2010**).

Les colorants naturels sont des colorants généralement liposolubles, ils se stockent dans les graisses et ils s'éliminent moins facilement que les colorants artificiels autorisés (**Arzour et Belbacha, 2015**).

Ils sont souvent chers, peu stables et moins efficaces que les autres colorants, mais ils ont l'avantage de poser peu de problèmes pour la santé (**Arzour et Belbacha, 2015**).

Les colorants naturels les plus connus :

➤ **Les caroténoïdes**

Sont des colorants de teintures jaunes et rouges. Ils sont constitués de polyterpènes, parmi eux le β - carotène ($C_{40}H_{56}$) qui forme avec ses isomères la provitamine A, qui se trouve dans les carottes, l'huile de palme, les graines de citrouille, la luzerne, les orties et les brocolis. Cette provitamine est obtenue à partir de ces plantes sèches par l'éther ou le trichloréthylène (**Chetioui, 2010**).

Ils colorent les milieux aqueux. Ils sont principalement utilisés pour les boissons, liqueurs, sirops, potages, condiments, confiserie, crèmes glacées, préparations pour les desserts et charcuterie (**Van De Weghe, 2011**).

➤ **Les indigoïdes**

Tirent leurs appellations de l'indigo dont ils dérivent.

Leur principe actif est l'indole (composé bi cyclique azoté), que l'on trouve dans certains escargots de mer et la plante indigo la couleur indigo (bleue). Ils sont obtenus par fermentation en tonneau des plants d'indigotiers en fleur pendant une durée de 15 heures.

➤ **Les mélanines**

Ce sont des pigments naturels bruns et noirs, résistants, dont la structure de base est la tyrosine. On les extrait à partir des plantes. Ils sont utilisés pour la teinture des cheveux et des fourrures (**Josien et al., 1952**).

➤ **Les tétrapyrroliques**

Ils forment souvent des complexes métalliques, ils remplissent des fonctions physiologiques importantes chez les animaux, les plantes et les micro-organismes.

Les plus importants sont la bilirubine, la chlorophylle et l'hémoglobine (**Benaïssa, 2010**)

➤ **Riboflavine ou (vitamine B2)**

Obtenue à partir de levure, germe de blé, œufs, foie d'animaux et aussi par synthèse organique. Donne une coloration jaune-orangé. Colorant principalement utilisé pour les produits laitiers, crèmes, pâtisseries, confiserie, condiments et produits de charcuterie (**Van de Weghe, 2011**).

➤ **Les caramels**

Le caramel colorant est un liquide ou un solide de couleur brun plus foncé, soluble dans l'eau, obtenu par l'action contrôlée de la chaleur sur des sucres alimentaires en présence ou non de composés chimiques promoteurs de la caramélisation et dont la destination principale est la coloration des liquides alimentaires » ont pour but d'améliorer l'aspect des produits en donnant de la couleur aux aliments peu colorés (**Van de Weghe, 2011**).

➤ **Xanthophylles**

La famille des xanthophylles est proche de celle des caroténoïdes, elle est caractérisée par la couleur jaune. La différence réside dans la présence de fonctions hydroxyliques ou cétoniques sur le noyau, avec pour effet une solubilité plus grande dans l'éthanol que pour les caroténoïdes.

Ces composés sont le plus souvent extraits de végétaux très divers, où ils constituent une part importante de la matière colorante (**van de Weghe, 2011**).

➤ **Anthocyanes**

Obtenu à partir des fruits et légumes sensibles aux variations de pH constituent un important groupe de pigments hydrosolubles de coloration rouge, bleue ou violette, présents dans de nombreuses fleurs ou feuilles jeunes. Ils sont utilisés dans les charcuteries, potages, condiments, fromages et croutes, boissons, liqueurs, sirops, biscuiterie et desserts (**Arzour et Belbacha, 2015**).

➤ **Brou de noix**

C'est est un pigment naturel extrait de l'écorce de la noix. Il sert pour la teinture du bois, et pour la fabrication d'une encre brune, de teinte plus chaude que le bistre, qui s'emploie en lavis et parfois en calligraphie (**Claude, 2006**).

Le brou contient des tanins, des flavonols (junglanoside) et diverses substances chimiques, principalement une naphtoquinone, la juglone (**Bergeon-Langle et Curie, 2009**).

2.2. Les colorants synthétiques :

Ce sont des composés ayant comme matières premières des molécules telles que le benzène, issu de la distillation de la houille (**Salmi et Salimani, 2014**).

C'est grâce à une série de procédés chimiques, qui correspondent en général à la substitution d'un ou plusieurs atomes d'hydrogène du produit de départ par des éléments ou des radicaux particuliers, que sont fabriqués les intermédiaires. Ces derniers serviront à la fabrication du colorant final. Les colorants synthétiques dont les propriétés peuvent être précisément adaptées à leur utilisation, dominent aujourd'hui le marché (**Benaissa, 2010**)

3. Applications des colorants :

Les colorants ont pour but d'améliorer l'aspect des produits mises en marché. Ils ont plusieurs applications, nous citons :

➤ Industrielles

L'industrie des colorants constitue aujourd'hui un secteur capital de la chimie.

Ils constituent un marché économique considérable car de nombreux produits industriels peuvent être colorés, principalement :

- Dans l'industrie textile, fourrure, cuir
- Dans l'industrie de matières plastiques (pigments).
- Dans l'imprimerie (encre, papier).
- Dans l'industrie des cosmétiques et l'industrie agroalimentaire.
- Dans diverses industries, utilisées pour des carburants et des huiles.
- Dans l'industrie pharmaceutique (colorants).
- Dans l'industrie du bâtiment : peintures (pigments), matériaux de construction, céramiques ... (**Belegald, 1987**).

➤ **Alimentaires**

L'utilisation des colorants dans le domaine alimentaire est très variée. Ils permettent d'améliorer l'aspect, la saveur, le goût, la couleur, la valeur nutritive et la conservation d'un produit (**Benaïssa, 2010**). Leur usage est réglementé par une législation stricte et rigoureuse.

L'industrie alimentaire mondiale utilise une quantité de plus en plus importante de colorants naturels ou artificiels notamment dans les conserves, les confiseries, les boissons, mais aussi dans les fruits et légumes, les matières grasses (huiles, beurres, fromages) et le sucre.

Ils servent aussi à préparer des peintures, des vernis et trouvent un emploi comme additifs de produits alimentaires. Les aliments à l'état brut paraîtraient aux yeux des consommateurs comme « moins bons ». La couleur, l'aspect de la nourriture ont une influence psychologique sur le goût perçu des aliments (**Flett et al., 1948**).

➤ **Domaine médical**

Les couleurs des gélules et des comprimés ne sont pas choisies au hasard, mais en fonction de plusieurs paramètres et on se sert de la coloration des médicaments pour potentialiser leur effet pharmacologique :

- Teintes pastel sont utilisées pour un effet sédatif
- Le rouge a un effet stimulant, utilisé pour les tonicardiaques
- Le bleu a un effet relaxant, utilisé pour les anxiolytiques
- L'orange et le jaune ont un effet tonique, pour les fortifiants
- Le brun et le beige sont utilisés pour la digestion
- Le vert utilisé pour les principes actifs d'origine végétale (**Allo et al., 2005**).

➤ **Domaine de recherche**

Les colorants peuvent être utilisés dans le domaine de la recherche afin de faire apparaître par microscopie des petites structures transparentes (**Cook et Linden, 1997**).

4. Colorant à base épices :

Les épices sont sources des colorants naturels chaque épice diffère à l'autre selon les types des pigments qui se trouvent dans leur composition. Il existe plusieurs types des pigments à bases épices parmi elles ont à :

4.1. Capsanthéine, Capsorubine : Extrait de Paprika

Ce sont des colorants du type caroténoïde orange ou rouge parfois, utilisés comme arômes. Ils sont extraits par solvant de la gousse des fruits et des graines du poivron rouge (*Capsicum annum*).

Ils sont listés comme colorant au Codex alimentarius (**Codex -1995**) et pour usage dans les cosmétiques (**CE, 2014**). Ils sont autorisés aux Etats-Unis dans le bio (angl. organic food) à condition d'être extrait à l'huile.

L'extrait de paprika (E160c) affecte entre autres les fromages, confitures, céréales pour petit déjeuner, viandes transformées, saucisses, ainsi que de nombreux produits de la malbouffe, plats préparés, snacks, confiseries, etc...(UE, 2011). On l'utilise aussi dans l'alimentation des volailles pour colorer le jaune d'œuf (**Steinman, 2017 ; Hans-Ulrich, 2012**).

4.2. La Curcumine: Extrait de Curcuma

C'est le pigment principal jaune-orange de la plante herbacée curcuma (*Curcuma longa*)

La curcumine (E100) est également insérée dans les produits pharmaceutiques et cosmétiques (**CE, 2014**).

Partie
Expérimentale

Matériels et Méthodes

Notre travail de recherche a été réalisé au sein du laboratoire de biochimie n° 03, département de Biologie, Faculté des sciences de la nature et de la vie, sciences de la terre et de l'univers, Université Abou Bekr Belkaïd (Tlemcen).

Le but de ce travail est d'évaluer quantitativement et qualitativement le contenu en composés phénoliques et d'extraire les pigments et les séparer par chromatographie sur couche mince, de trois extraits bruts hydrométhanoliques préparés à partir de trois épices utilisées par la population de l'ouest algérien

1. Matériel végétal :

Notre travail a été sur trois épices :

1.1. *Capsicum annuum*

Les fruits du poivre rouge (*Capsicum annuum L.*) ont été récoltés au stade maturité complète durant le mois d'août dans la région de Maghnia, Wilaya de Tlemcen l'ouest d'Algérie.

Les fruits sont séchés à l'air libre pendant quelques semaines et broyés en poudre à l'aide d'un mortier, puis conservés à une température ambiante et à l'abri de la lumière.

1.2. *Curcuma longa*

Les Rhizomes du *Curcuma longa L.* sont achetés chez un herboriste de la wilaya de Tlemcen. Selon l'herboriste cette espèce provient de l'Inde.

Les rhizomes secs du *Curcuma longa* ont été concassés grâce à un mortier puis broyé à l'aide d'un broyeur électrique en poudre fine afin de permettre une meilleure extraction.

Cette dernière a été stockée dans des bocaux hermétiques recouverts de papier aluminium à l'abri de la lumière et de l'humidité.

1.3. *Crocus sativus*

Les fleurs de *Crocus sativus. L.*, ont été récoltées dans la région El Aricha, Wilaya Tlemcen, pendant le mois de novembre 2018.

Les stigmates ont été isolés des fleurs, séchés à une température ambiante et à l'abri de la lumière solaire (afin de préserver au maximum l'intégrité de sa composition chimique) et conservés à une température de 4°C.

2. Extraction :

Dans ce travail nous avons préparé trois extraits hydrométhanoliques des trois épices par trois différents modes d'extractions (infusion, décoction et macération).

2.1. Infusion :

- Verser 100ml du mélange « Eau /Méthanol (30/70 : v/v) » bouilli sur 5 g d'épice broyé ;
- Laisser le mélange refroidir,
- Filtrer et récupérer le filtrat.

2.2. Macération :

- Verser 100 ml du mélange « Eau /Méthanol (30/70 : v/v) » sur 5 g d'épice broyé ;
- Agiter le mélange à une température ambiante et dans l'obscurité, pendant 48 h ;
- Filtrer et récupérer le filtrat.

2.3. Décoction :

- Mélanger 5 g d'épice broyé avec 100 ml du mélange « Eau /Méthanol (30/70 : v/v) » dans un ballon surmonté d'un réfrigérant ;
- Placer le mélange sur un chauffe ballon
- Agiter et chauffer le mélange à une température d'ébullition stable, pendant 45 min
- Filtrer et récupérer le filtrat.

Les trois modes d'extractions ont été appliqués séparément sur les rhizomes du *Curcuma longa L.* et les fruits de *Capsicum annuum L.*

La préparation des extraits de *Crocus sativus L.* a été faite sur 0,5 g des stigmates isolés, par deux extractions successives, en macération durant 48h suivie d'une décoction du marc obtenue durant 45min.

Le solvant des trois extraits de chaque épice obtenus est évaporé à sec dans une étuve à 35°C.

3. Calcul des rendements d'extraction :

Les rendements d'extraction ont été calculés en pourcentage selon la formule suivante :

$$\text{Rendement (\%)} = (M0/M1) \times 100$$

M0 : Masse en gramme du résidu sec obtenu après évaporation du solvant d'extraction.

M1 : Masse en gramme d'épice séchée et broyée initiale

4. Screening phytochimique :

Les grands groupes chimiques, renfermés dans les extraits préparés des trois épices, ont été déterminés par des tests phytochimiques basés sur des réactions de coloration, de précipitation ainsi que par des examens sous lumière ultra violette ; et réalisés selon les méthodes décrites par **Harbone (1998)** et **Bruneton (2009)**.

4.1. Les alcaloïdes :

Dans deux tubes à hémolyse, introduire 1 ml de l'extrait à analyser. Acidifier le milieu par quelques gouttes de HCl (2%) et ajouter 0,5 ml de réactif de Mayer dans le premier tube et

0,5ml de réactif de Wagner dans le second tube. L'apparition d'un précipité blanc ou brun, respectivement, révèle la présence des alcaloïdes.

4.2. Les Composés phénoliques :

➤ Les tanins :

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 0,25 ml d'une solution aqueuse de FeCl₃ (1%). Le mélange est incubé pendant 15 min à température ambiante. La présence des tanins est indiquée par une coloration verdâtre ou bleu-noirâtre

➤ Les flavonoïdes :

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml d'extrait à analyser, ajouter 0,5ml de HCl (2%) et quelques copeaux de magnésium. L'apparition d'une coloration rose ou rouge ou jaune indique la présence des flavonoïdes.

➤ Les quinones :

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter **0.1** ml d'hydroxyde de sodium NaOH (1 %). L'apparition d'une couleur qui vire au jaune, rouge ou violet indique la présence des quinones libres.

➤ Les anthraquinones :

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 1 ml NH₄OH (10%) puis agiter. L'apparition d'une coloration violette indique la présence des anthraquinones.

➤ **Les coumarines :**

Dans deux tubes à hémolyse, introduire 1 ml de l'extrait à analyser, prendre le premier comme témoin et ajouter à l'autre 0,1 ml de NH_4OH (10 %). Mettre deux taches sur un papier filtre et examiner sous la lumière UV (256 nm). Une fluorescence intense indique la présence des coumarines.

4.3. Les Composés terpéniques :

➤ **Terpénoïdes :**

Dans un bécher, introduire 2 ml de l'extrait à analyser, ajouter, délicatement sur les parois du bécher, 1 ml de chloroforme et 1,5ml d'acide sulfurique concentré. La formation de deux phases et une couleur marron à l'interphase indique la présence des terpénoïdes.

➤ **Les saponines :**

Dans un tube à essai, introduire 10 ml de l'extrait à analyser, agiter pendant 15 secondes et laisser le mélange au repos pendant 15 min. une hauteur à 1 cm d'une mousse persistante indique la présence de saponines.

4.4. Les composés réducteurs :

Dans un tube à essai, ajouter 1 ml de liqueur de Fehling (0,5 ml réactif A et 0,5 ml réactif B) à 1 ml d'extrait à analyser et incuber l'ensemble 8 min dans un bain marie bouillant. L'apparition d'un précipité rouge brique indique la présence des composés réducteurs.

5. Dosage des composés phénoliques :

5.1. Dosage des polyphénols totaux :

 **Principe :**

Les teneurs en polyphénols totaux ont été déterminées par la méthode colorimétrique, basée sur la réaction des polyphénols totaux et le Folin Ciocalteu (**Nihal et al., 2007**)

Ce dernier est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMO}_{12}\text{O}_{40}$). Il est réduit lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxyde bleu de tungstène et de molybdène, dont l'absorption maximum est comprise entre 700 et 760 nm

Mode opératoire :

- Mélanger 0,1ml d'extrait (1mg /ml) avec 2 ml de la solution de carbonate de sodium Na_2CO_3 (2%) ;
- Agiter et incuber pendant 5 minutes
- Ajouter 0,1 ml de réactif Folin Ciocalteu à 1N ;
- Incuber 30 minutes à l'abri de la lumière et à température ambiante
- L'absorbance est mesurée contre un blanc à l'aide d'un colorimètre à 680 nm
(Tableau 06).

En parallèle nous avons préparé une gamme d'étalonnage dans les mêmes conditions à partir d'acide gallique à différentes concentrations de 50 à 500 $\mu\text{g/ml}$.

Les résultats sont exprimés en microgramme Equivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait sec ($\mu\text{g Eq AG /mg ES}$).

Chaque essai est répété 4 fois.

Tableau 06:Méthode de dosage des polyphénols totaux

	Blanc	Acide gallique						Extrait d'épice (1mg /ml)		
[Acide Gallique] $\mu\text{g/ml}$	0	50	100	200	300	400	500	Extrait décoction	Extrait Infusion	Extrait macération
Acide Gallique μl	-	100	100	100	100	100	100	-	-	-
Eau distillée μl	100	-	-	-	-	-	--	-	-	-
Extraits μl	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100
Na_2CO_3 2% (μl)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Agitation et incubation pendant 5 min										
Folin -Ciocalteu (1N) (μl)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Incubation à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant 30 min										
Mesure de l'absorbance à 680 nm										

5.2. Dosage des flavonoïdes totaux :

Principe :

Les teneurs en flavonoïdes contenus dans les extraits d'épices étudiées ont été réalisées par une méthode de dosage colorimétrique décrite par **Zhishen et al., (1999)**.

Le principe de cette méthode repose sur l'oxydation des flavonoïdes en milieu alcalin par le nitrite de sodium (NaNO_2) et le chlorure d'aluminium (AlCl_3) en composant un complexe de couleur rose absorbant à 510 nm.

Mode opératoire :

- Mélanger 250 μl de l'extrait (1mg/ml) avec 1 ml d'eau distillée et 75 μl du nitrite de sodium, NaNO_2 (15 %) ;
- Laisser incuber pendant 6 min à température ambiante ;
- Ajouter 75 μl du réactif chlorure d'aluminium ALCL_3 (10%) ;
- Laisser incuber pendant 6 min à température ambiante ;
- Ajouter 1ml d'hydroxyde de sodium NaOH (4%) ;
- Compléter les volumes des tubes à 2,5ml d'eau distillée ;
- Agiter le mélange et laisser incuber à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant 30 min ;
- Mesurer l'absorbance à 510 nm (**Tableau 07**)

Une gamme d'étalonnage est préparée dans les mêmes conditions avec la catéchine à différentes concentrations de 1,25 à 500 $\mu\text{g/ml}$

Les résultats obtenus sont exprimé en microgramme équivalent catéchine par milligramme d'extrait sec (ug Eq C /mgES).

Chaque essai est répété 4 fois.

Tableau 07:Méthode de dosage des flavonoïdes totaux

	La gamme d'étalon (Catéchine)										Extrait d'épice (1mg/ml)		
	Blanc	1.25	2.5	25	50	100	200	300	400	500	Déco	Infu	Macé.
[Catéchine] $\mu\text{g/ml}$											-	-	-
Catéchine μl	-	250	250	250	250	250	250	250	250	250	-	-	-
Extraits μl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250	250	250
Eau distillée (μl)	1250	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
NaNo ₂ ((15%) μl)	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
1 ère Incubation pendant 6 min température ambiante													
AlCl ₃ 10% (μl)	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
2 ème Incubation pendant 6 min température ambiante													
NaOH 4% (μl)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Eau distillée (μl)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3 ème Incubation à l'obscurité pendant 30 min													
Mesurer de l'absorbance à 510 nm													

6. Analyse statistique :

Des calculs statistiques ont été réalisés pour déterminer le dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes, ont été réalisées quatre fois

La moyenne :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i$$

• **L'écart-type :**

$$\delta_x = \sqrt{v_x}$$

La comparaison des moyennes a été déterminée grâce au logiciel Excel (les valeurs ont été exprimées généralement en moyenne \pm L'écart-type).

7. Extractions et séparations des pigments :

Dans cette partie nous avons visé l'extraction et la séparation des pigments et des colorants à partir des extraits bruts hydrométhanoliques des fruits de *Capsicum annuum* et des rhizomes de *Curcuma Longa*, préparés par décoction ou macération :

Ce travail a été réalisé en deux parties :

- Extraction liquide- liquide des pigments à l'aide d'une ampoule à décanté ;
- Séparation des pigments par chromatographie sur couche mince (CCM)

7.1. Préparation des extraits :

Les extraits bruts hydrométhanoliques des fruits de *Capsicum annuum* et des rhizomes de *Curcuma Longa* ont été préparés par décoction ou macération, préalablement décrite (Titre 2. Extraction).

Le méthanol contenu dans l'extrait a été ensuite évaporé dans une étuve à 35°C

7.2. Extractions des pigments :

- Les extraits obtenus après évaporation du méthanol sont soumis à des extractions liquide/liquide (2 fois) avec 50ml d'acétone ;
- La phase organique, ainsi obtenue, est soumise à une deuxième extraction liquide/liquide avec 50ml d'éther de pétrole ;
- Les phases organiques, phase acétone et phase éther de pétrole, sont récupérées dans des tubes à vice ;

- La couleur de chaque tube est notée.

7.3. Séparation des pigments par chromatographie sur couche mince :

Pour la mise en place d'une chromatographie sur couche mince (CCM), nous avons suivi les étapes suivantes :

- Choix de la phase stationnaire : gel de silice (5 /10cm) ;
- Activation de la plaque dans une étuve à 100°C pendant 30min;
- Choix de la phase mobile :

Système 1: Méthanol;

Système 2 : Ether di éthylique /Cyclohexane : 35/15

Système 3 : Ether de pétrole / Acétone /cyclohexane : 85/10/5

- Saturer la cuve par les solvants d'éluion ;
- Déposer l'échantillon en petits spots (3 à 4 fois) sous forme des points à l'aide d'une pipette pasteur ;
- Introduire la plaque dans la cuve saturée ;
- Suivre le développement du chromatogramme jusqu' à l'arrivé du solvant au front supérieur ;
- Révéler : lampe UV : Ultra-violet ($\lambda = 256 \text{ nm}$) et vapeur d'iode ;
- Calculer pour chaque constituant le rapport frontal R_f :

R_f = Distance parcourue par le constituant / Distance parcourue par l'éluant.

*Résultats et
interprétations*

1. Détermination des caractéristiques et des rendements des extraits bruts hydrométhanoliques des épices séchées et broyées :

Les trois épices étudiées, fruits de *Capsicum annuum*, rhizomes de *Curcuma Longa* et stigmates des fleurs de *Crocus sativus*, sont préparés par trois modes d'extraction : infusion, macération et décoction dans un milieu hydrométhanolique (Méthanol/eau : 70/30).

Après une extraction, les extraits sont récupérés, les solvants sont évaporés et les rendements sont calculés.

Le solvant de solubilisation et l'aspect physique sont déterminés et représentés dans le **tableau 08**

Tableau 08:Caractéristiques des extraits bruts hydrométhanoliques des épices étudiées

Extraits	Mode d'extraction	Aspect physique	Solubilité	Rendement (%)
Fruits de <i>Capsicum annuum</i>	Infusion	Caramélisé	Eau-méthanol	41,02
	Décoction	Caramélisé	Eau-méthanol	42,84
	Macération	Caramélisé	Eau-méthanol	47,9
Rhizomes de <i>Curcuma Longa</i>	Infusion	Cristallisé	Eau-méthanol	3,32
	Décoction	Cristallisé	Eau-méthanol	8,28
	Macération	pâteux	Eau-méthanol	6,68
Stigmates des fleurs de <i>Crocus sativus</i>	Décoction	Cristallisé/poudre	Eau-méthanol	7,8
	Macération	Cristallisé/poudre	Eau-méthanol	31

Selon les résultats illustrés dans le **tableau 08**, nous avons remarqué que l'extrait brut préparé par macération des Fruits de *Capsicum annuum* présente le rendement le plus élevé d'ordre de 47,9%, par rapport aux autres extraits bruts préparés.

Nous avons constaté aussi que l'aspect physique est diffère d'une épice à l'autre , les trois extraits bruts préparés des Fruits de *Capsicum annuum* présentent un aspect Caramélisé , les deux extraits bruts infusion et décoction préparés des Rhizomes de *Curcuma Longa* sont récupérés sous forme des cristaux contrairement, à l'extrait préparé par macération qui a présenté un aspect pâteux . Les extraits bruts préparés à partir du Stigmates des fleurs de *Crocus sativus* sont présenté sous forme des cristaux ou poudre.

Les extraits sont solubilisés dans le même solvant Eau et/ou méthanol.

2. Tests phytochimiques :

Le test phytochimique a pour but de détecter les familles de composés caractérisés dans les trois épices étudiées par des réactions qualitatives. Ces derniers sont basés sur des phénomènes de précipitation ou de coloration, par des réactifs spécifiques à chaque famille de composés.

Les résultats des tests phytochimiques des extraits préparés par infusion, décoction et macération des trois épices sont représentés dans le **tableau 09**.

Tableau 09: Résultats des tests phytochimiques recherchés dans les différents extraits bruts hydrométhanoliques d'épices étudiées

Métabolites secondaires	Fruits de <i>Capsicum annuum</i>			Rhizomes de <i>Curcuma Longa</i>			Stigmates des fleurs de <i>Crocus sativus</i>	
	<i>Infu.</i>	<i>Décoc.</i>	<i>Macéra.</i>	<i>Infu.</i>	<i>Décoc.</i>	<i>Macéra.</i>	<i>Décoc.</i>	<i>Macéra.</i>
Saponines	-	+	-	++	+	-	-	-
Tanins	+++	-	-	++	+++	+++	-	+
Flavonoïdes	-	+	-	+++	+++	+++	+	-
Quinones	-	-	-	+	+	+	-	+
Anthraquinones	-	-	-	++	+++	+++	-	-
Terpénoïdes	++	+	++	+	+	+	-	+
Composées Réducteurs	++	++	+	-	+	+	-	++
Alcaloïdes : <i>Mayer</i>	-	+	-	+	+	+	-	-
Alcaloïdes : <i>Wagner</i>	-	+	+	+	+	+	-	-

Infu. : infusion ; *Décoc.* : Décoction ; *Macéra.* : Macération

(+++) : Test fortement positif. (++) : Test moyennement positif. (+) : Test faiblement positif ; (-) : Test négatif.

D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que la composition phytochimique des trois épices est variable. Elle varie selon l'espèce utilisée et le mode d'extraction.

Nous avons noté la présence des tanins, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les composés réducteurs, terpénoïdes et les saponines dans les différents extraits préparés des Fruits de *Capsicum annuum*.

Nous avons observé la présence des tanins, flavonoïdes, alcaloïdes, terpénoïdes, saponines, quinones, anthraquinones et les composés réducteurs dans les différents extraits préparés des rhizomes de *Curcuma Longa*.

Par ailleurs, les tests phytochimiques réalisés sur les extraits préparés des Stigmates des fleurs de *Crocus sativus* ont révélé la présence des tanins, flavonoïdes, terpénoïdes et les composés réducteurs.

3. Dosage des poly phénols totaux et flavonoïdes totaux :

Le dosage colorimétrique des polyphénols totaux a été réalisé par la méthode basée sur le réactif de Folin-Ciocalteu.

La courbe d'étalonnage a été effectuée par une solution standard de l'acide gallique à des concentrations différentes.

La formule de la régression linéaire de cette courbe est de $y = 0,002 x$ avec un coefficient de corrélation R^2 égal à 0,995 (**Figure 10**)

Les teneurs en polyphénols totaux obtenues sont exprimées en μg équivalent d'acide gallique par mg d'extrait sec ($\mu\text{g EAG/mg ES}$).

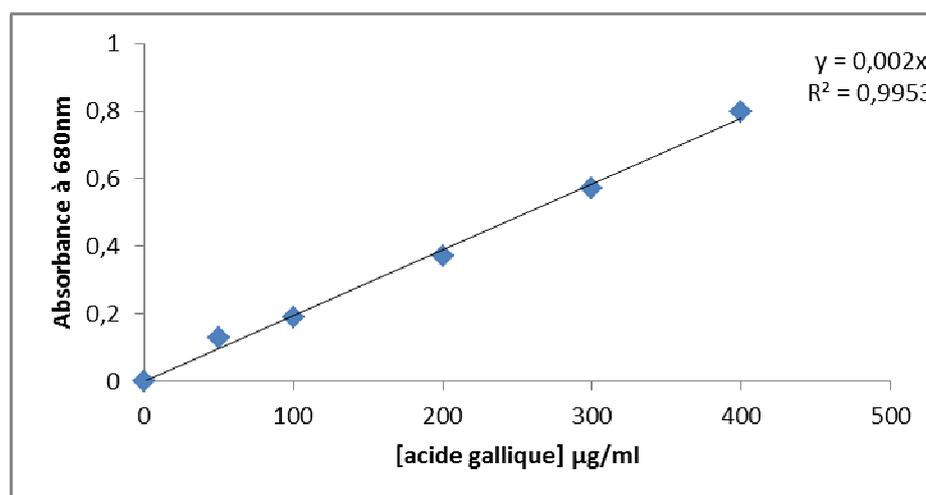


Figure 10: Courbe d'étalonnage des concentrations de l'acide gallique ($\mu\text{g/ml}$) pour le dosage des polyphénols ($n=4$).

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé par la méthode colorimétrique basée sur les réactions de nitrite de sodium (NaNO_2) et de chlorure d'aluminium (AlCl_3)

La **figure 11** représente la courbe étalonnage des concentrations de la catéchine, utilisée dans les mêmes conditions pour le dosage des flavonoïdes.

Les résultats obtenus sont exprimés en μg équivalents catéchine ($\mu\text{g EC/mg ES}$) par mg d'extrait, en utilisant les équations de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage

La formule de la régression linéaire de cette courbe est de $y = 0,003x$ avec un coefficient de corrélation R^2 égal à 0,999 (**Figure 11**).

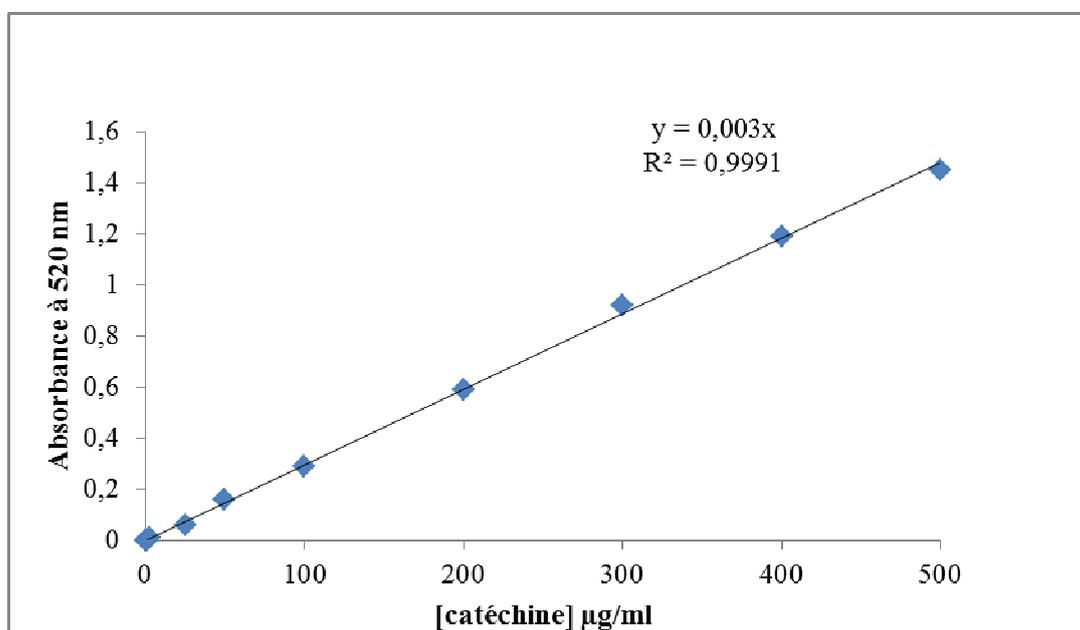


Figure 11: Courbe d'étalonnage des concentrations de la catéchine ($\mu\text{g/ml}$) pour le dosage des flavonoïdes.

Tableau 10: Résultats des dosages des composés phénoliques dans les extraits bruts hydrométhanoliques des épices étudiées (n=4)

Epices étudiées		Moyenne ± écart type (n=4)	
Extraits	Mode d'extraction	Polyphénols totaux (µg EAG/mg ES)	Flavonoïdes (µg EC/mg ES)
Fruits de <i>Capsicum annuum</i>	Infusion	235 ± 20	33,33 ± 19,66
	Décoction	135 ± 25	18,66 ± 6,66
	Macération	250 ± 20	32,66 ± 20
Rhizomes de <i>Curcuma Longa</i>	Infusion	50 ± 10	18 ± 6,00
	Décoction	90 ± 25	20 ± 9,00
	Macération	40 ± 30	13,33 ± 7,00
Stigmates des fleurs de <i>Crocus sativus</i>	Décoction	25 ± 9	10 ± 6,66
	Macération	60 ± 15	4,66 ± 1,66

D'après les résultats représentés dans le tableau 10, nous avons enregistré des teneurs très élevées en polyphénols totaux et en flavonoïdes dans les extraits bruts préparés des Fruits de *Capsicum annuum*, surtout pour l'extrait préparé par macération, d'ordre de 250 µg EAG/mg ES et 33,33 µg EC/mg ES, respectivement. Par rapport aux deux autres épices étudiées.

De même, les extraits préparés des stigmates des fleurs de *Crocus sativus* ont présenté les teneurs les plus faibles en polyphénols totaux et en flavonoïdes avec des valeurs d'ordre de 60 µg EAG/mg ES et 4,66 µg EC/mg ES, respectivement.

Par ailleurs, nous avons noté que les extraits préparés par macération présentent les teneurs les plus élevées en composés phénoliques, par rapport aux autres préparations.

4. Extractions des pigments :

4.1. Couleurs des pigments obtenues après extraction :

Le tableau 11 résume les différentes couleurs obtenues des pigments après l'extraction liquides/liquide par l'acétone et l'éther de pétrole des extraits hydrométhanoliques des fruits de *Capsicum annuum* et des rhizomes de *Curcuma Longa*, préparés par décoction ou macération:

Tableau 11: Différentes couleurs obtenues après extractions des pigments par acétone et éther de pétrole à partir des extraits hydrométhanoliques des fruits de *Capsicum annuum* et des rhizomes de *Curcuma Longa*

Extraits	Mode d'extraction	Extrait Acétone	Extrait Ether de pétrole
Fruits de <i>Capsicum annuum</i>	Décoction	Marron foncé	Jaune foncé
	Macération	Marron Claire	Jaune pale
Rhizomes de <i>Curcuma Longa</i>	Décoction	Marron Foncé	Vert claire pale
	Macération	Marron Foncé	Vert vif claire

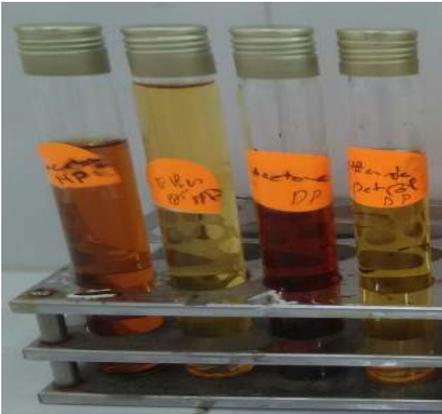


Figure 12: Extraction des pigments à partir des fruits de *Capsicum annuum*

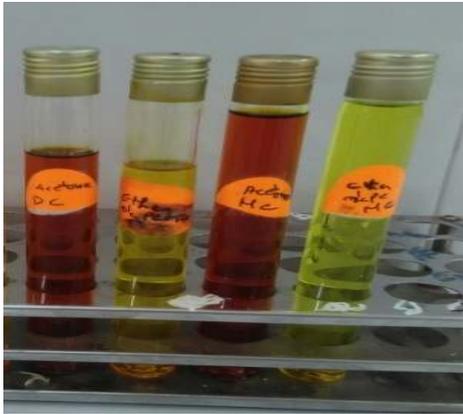


Figure 13: Extraction des pigments à partir des rhizomes de *Curcuma Longa*

D'après les résultats obtenus dans le tableau 06, figures 12 et 13, nous avons noté que pour chaque extrait hydrométhanolique, deux couleurs différentes obtenues selon le solvant utilisé.

Tous les extraits obtenus par extraction liquide/ liquide avec acétone sont colorés en Marron quelle que soit la plante ou le mode d'extraction.

Par contre, l'extraction liquide/liquide de la phase organique par l'éther de pétrole a permis d'obtenir des pigments de couleur jaune pour les fruits de *Capsicum annuum* et de couleur verte pour rhizomes de *Curcuma Longa*.

4.2. Séparation des pigments par CCM :

L'extraction des pigments totaux à partir des préparations étudiées des fruits de *Capsicum annuum* et des rhizomes de *Curcuma Longa*, par trois solvants de polarités différentes: méthanol, acétone et éther de pétrole, nous a permis de réaliser une séparation par CCM pour séparer les différents constituants chimiques des extraits préparés, en utilisant des systèmes d'élution.

Les résultats obtenus après révélation sont présentés en Rf (s) et résumés dans **les figures 14 et 15 et les tableaux 12 et 13**

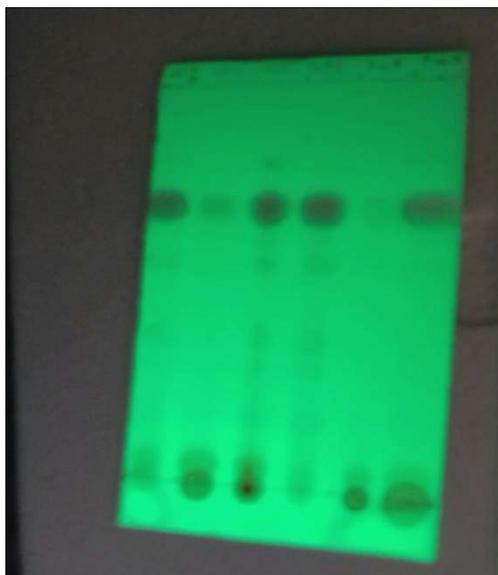


Figure 14A : Chromatogramme CCM pour la séparation des pigments de Curcuma révélation sous UV

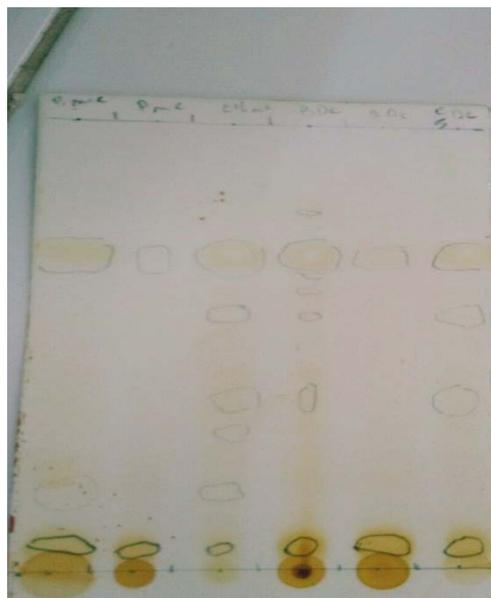


Figure 14B : Chromatogramme CCM pour la séparation des pigments de Curcuma, révélation sous vapeur d'iode

Tableau 12:différents Rf (s) obtenus après séparation des constituants des extraits étudiés de rhizomes de *Curcuma Longa*

Extrait	Eluant	Nombre des taches	Rf
Extrait brut hydrométhanolique <i>Curcuma Longa</i> Macération	Ether di éthylique /Cyclohexane (35/15)	3	0,72 0,18 0,06
Extrait Acétone <i>Curcuma Longa</i> Macération	Ether di éthylique /Cyclohexane (35/15)	2	0,66 0,05
Extrait éther de pétrole <i>Curcuma Longa</i> Macération	Ether di éthylique /Cyclohexane (35/15)	6	0,72 0,54 0,36 0,28 0,16 0,05
Extrait brut hydrométhanolique <i>Curcuma Longa</i> Décoction	Ether di éthylique /Cyclohexane (35/15)	6	0,79 0,72 0,60 0,54 0,36 0,06
Extrait Acétone <i>Curcuma Longa</i> Décoction	Ether di éthylique /Cyclohexane (35/15)	2	0,71 0,06
Extrait éther de pétrole <i>Curcuma Longa</i> Décoction	Ether di éthylique /Cyclohexane (35/15)	4	0,72 0,54 0,36 0,04

L'observation des chromatogrammes sous UV et sous vapeur d'iode (**Figure 14**), après migration par CCM dans un système d'élution : Ether di éthylique /Cyclohexane (35/15), a permis de souligner plusieurs taches pour chaque extrait bruts et purifiés de Curcuma, préparés par macération ou décoction.

La présence de migration dans le système. (Éther di éthylique + Cyclohexane) et aussi dans le système apolaire (Ether de Pétrole + cyclohexane + Acétone) indique que les pigments totaux de Curcuma ont une propriété de se dissoudre dans un solvant peu polaire.

La présence de migration dans les extraits de Curcuma préparés par macération ou décoction, nous a permis de séparer en moins 06 composants chimiques dans l'extrait brut hydrométhanolique, séparés en 2 composants moyennement polaires solubles dans l'acétone et 4 composants apolaires solubles dans l'Ether de pétrole.

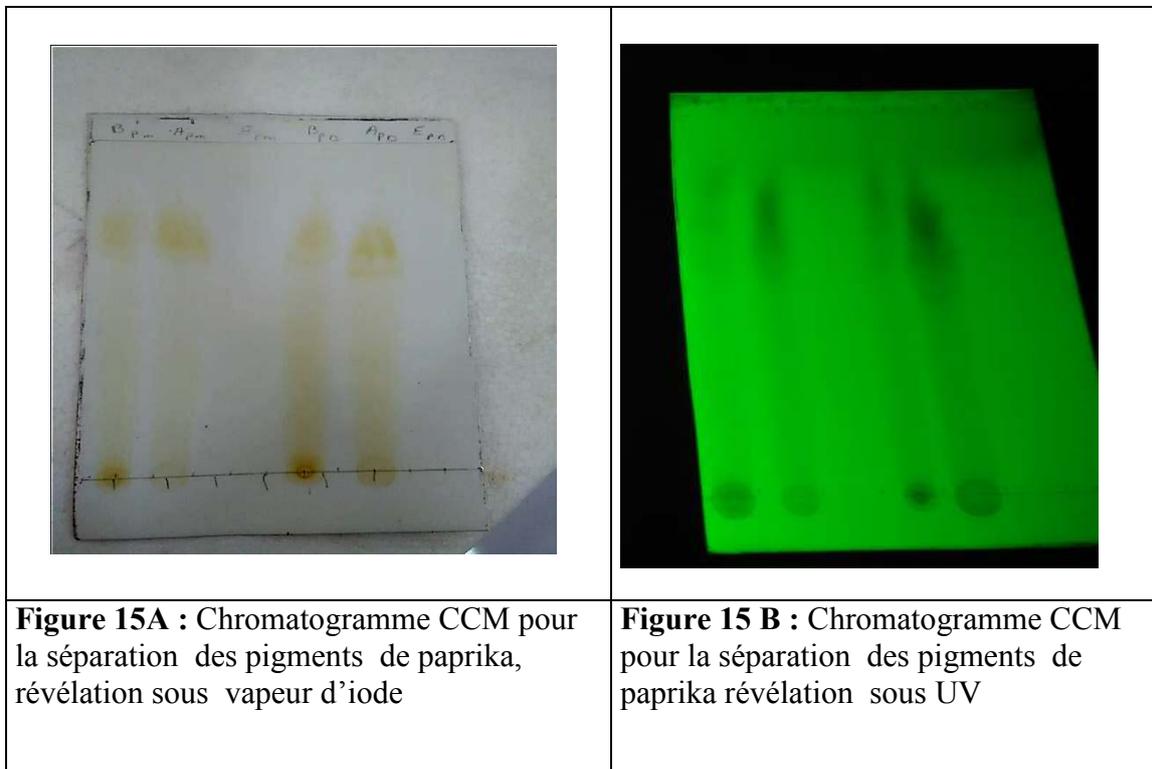


Tableau 13: différents Rf (s) obtenus après séparation des constituants des extraits étudiés de des fruits de *Capsicum annuum*

Extrait	Eluant	Nombre des taches	Rf
Extrait hydrométhanolique <i>Capsicum annuum</i> Macération	Méthanol	1	0.75
Extrait Acétone <i>Capsicum annuum</i> Macération	Méthanol	1	0.73
Extrait éther de pétrole <i>Capsicum annuum</i> Macération	Méthanol	0	/
Extrait hydrométhanolique <i>Capsicum annuum</i> Décoction	Méthanol	1	0.71
Extrait Acétone <i>Capsicum annuum</i> Décoction	Méthanol	1	0.68
Extrait éther de pétrole <i>Capsicum annuum</i> Décoction	Méthanol	0	/

Après révélation de chromatogramme (**figure15**) des migrations de différents extraits préparés de *Capsicum. annuum* par CCM dans un système d'élution contenant du méthanol, nous avons souligné une seule tache apparente pour les extraits acétoniques et hydrométhanoliques. Cette migration nous a permis de constater la propriété polaire des pigments isolés de cette plante.

Discussion

L'Algérie, qui importe 40 variétés d'épices, consomme 30 mille tonnes par an. C'est ce qu'a indiqué à Alger, le porte-parole de l'UGCAA (Union des commerçants et des artisans algériens). Des produits importés généralement du sud-est de l'Asie, d'Inde, de Chine, du Pakistan mais aussi d'Iran et de la Turquie(**Le Soir d'Algérie, 2014**)

Parmi ces épices importées on trouve le poivron rouge, curcuma et le safran qui procèdent une grande valeur nutritive et économique, grâce à leurs teneurs élevées en molécules biologiquement actives.

Dans ce travail, nous avons réalisé une étude phytochimique des extraits bruts hydrométhanoliques, préparés de *Capsicum annuum*, *Curcuma longa L* et *Crocus sativus*. Cette étude est basée sur des analyses qualitatives (tests phytochimiques), analyses quantitatives (dosages des composés phénoliques) extraction par des solvants et leurs séparations par une chromatographie sur couche mince (CCM).

À travers les tests phytochimiques, réalisés sur les trois épices, avons noté la présence des tanins, les flavonoïdes, les composés réducteurs et les Terpénoïdes dans les différents extraits préparés des fruits de *Capsicum annuum*, les rhizomes de *Curcuma Longa*, les stigmates des fleurs de *Crocus sativus*

Les alcaloïdes et les saponines sont présents dans les différents extraits préparés des fruits de *Capsicum annuum*, les rhizomes de *Curcuma Longa* et sont absents dans les différents extraits préparés des stigmates des fleurs de *Crocus sativus*.

Les quinones et les anthraquinones sont présentes dans les différents extraits préparés des Rhizomes de *Curcuma Longa* et sont absentes dans les différents extraits préparés des deux autres épices.

Ces résultats de screening phytochimique sont en concordance avec les résultats des études récentes qui révèlent la présence des principaux métabolites secondaires dans les extraits préparés de *Capsicum annuum*, *Crocus sativus* et *Curcuma Longa* (**Saigaa et Rahmaoui, 2018 ; Karimi, 2010; Boukri, 2014**).

Nous constatons que les rendements de l'extraction hydrométhanolique varient considérablement. Les pourcentages enregistrés sont compris entre 3,32 et 47,9 %. L'espèce *Capsicum annuum* donne clairement le meilleur rendement (47,9 %) suivie par *Crocus sativus* avec un rendement de (31 %). Le rendement le plus faible est celui de la plante *Curcuma Longa* de l'ordre de (8,28 %).

Généralement nous ne pouvons pas comparer ces résultats avec les autres publiés dans la littérature par ce que le rendement d'extraction dépend de plusieurs facteurs qui peuvent influencer les performances de l'extraction, tels que la taille des particules, la nature du solvant, la température, le temps d'extraction et le degré d'agitation (**Bouchouka, 2016**).

L'utilisation d'un mélange hydroalcoolique comme solvant donne des résultats satisfaisants dans un processus d'extraction (**Perva-Uzunalic et al., 2006**).

Mohammedi et Atik, (2011) ont mentionné l'association méthanol-eau dans les proportions 70 :30 en volume donne le meilleur rendement d'une macération et que cette même combinaison a donné la teneur la plus élevée en composés phénoliques des Fruits de *Capsicum annuum* et Stigmates des fleurs de *Crocus sativus* par rapport à d'autres solvants dont éthanol-eau, acétone-eau et eau distillée.

Nous intéressons dans cette étude à l'effet thérapeutique, le méthanol reste le solvant de choix pour extraire le maximum de molécules biologiquement actives comme les antioxydants d'une espèce végétale selon **Sun et al. (2007)**.

Les composés phénoliques constituent le groupe principal qui contribue à l'activité antioxydante des végétaux, épices, fruits, céréales et d'autres matériels à base de plantes (**Tachakittirungrod et al., 2007**).

Ces composés possèdent diverses activités biologiques telles que l'activité anti-inflammatoire, antibactérienne, antivirale, antiallergique, anti thrombotique et vasodilatatrice qui peuvent être reliées à leur activité antioxydante (**Gulcin et al., 2010**).

C'est la raison pour laquelle, le dosage des polyphénols totaux et flavonoïdes totaux des trois épices investiguées a été effectué dans cette étude.

Les teneurs en polyphénols totaux dans les extraits hydrométhanoliques des épices étudiées ont été déterminées par la méthode au réactif de Folin-Ciocalteu. Les teneurs en polyphénols totaux varient largement dans les extraits (de 25 à 250 µg EAG/mg ES).

Les Fruits de *Capsicum annuum* possèdent la meilleure teneur (250 ±20µg EAG/mg ES) suivie par l'extrait préparé des rhizomes de Curcuma Longa et des stigmates des fleurs de *Crocus sativus* (90±25et 60 ±15 µg EAG/mg ES, respectivement)

Les teneurs en flavonoïdes totaux dans les extraits hydrométhanoliques des épices étudiées ont été déterminées par la méthode d'oxydation des flavonoïdes en milieu alcalin par le nitrite

de sodium (NaNO_2) et le chlorure d'aluminium (AlCl_3). Les teneurs en flavonoïdes totaux varient largement dans les extraits (de 4,66 à 33,33 $\mu\text{g EC/mg ES}$).

Les Fruits de *Capsicum annuum* possèdent la meilleure teneur ($33,33 \pm 19,66 \mu\text{g EC/mg ES}$) suivie par l'extraits préparés des rhizomes de *Curcuma Longa* et des stigmates des fleurs de *Crocus sativus* (20 ± 9 et $10 \pm 6,66 \mu\text{g EC/mg ES}$, respectivement).

Peu de données bibliographiques concernant la teneur en composés phénoliques des épices étudiées sont disponibles. Nos résultats, trouvent leurs concordances avec certaines études ultérieures et parfois non.

Nos résultats des teneurs en polyphénols et en flavonoïde du safran sont différents avec les travaux de **Djeriri et Douzi, (2016)**.

Kim et al., (2012) ont dosé le contenu de plusieurs épices différentes en polyphénols. Leurs résultats trouvent une similarité avec ceux obtenus dans notre étude. Confirmant la grande richesse de curcuma en polyphénols et en flavonoïdes.

Dans un travail précédent de **Saigaa et Rahmaoui, (2018)**, ont enregistré un taux de polyphénols d'ordre de 76,66 $\mu\text{g EAG/mg ES}$ et un taux de flavonoïdes d'ordre de 7,06 $\mu\text{g Eq C/ mg ES}$ pour un extrait de Fruits de *Capsicum annuum* préparé par macération.

Ces résultats sont nettement inférieurs à ceux que nous avons trouvés. On ne peut pas estimer la cause principale de cette variation des teneurs en métabolites secondaires d'une espèce à l'autre. Elle peut être reliée aux conditions climatiques dures des endroits où elles poussent, facteurs extrinsèques (température élevée, grande exposition au soleil, sécheresse et salinité, le pH, les pratiques culturelles, la maturité à la récolte et les conditions de stockage), facteurs intrinsèques (génétique) qui stimulent la biosynthèse des métabolites secondaires comme les polyphénols, les flavonoïdes (**Podsdek, 2007 ; Falleh et al., 2008 ; Cheurfa et Allem, 2016**).

L'effet du traitement de pré-extraction (irradiation ionisante), la date de la récolte, la méthode d'extraction, les solvants utilisés d'extraction, influencent sur la concentration des composés phénoliques totaux dans les extraits (**Perez et al., 2007 ; Akowuah et al., 2009 ; Trichine, 2010**)

Dans notre étude, la différence entre les trois modes d'extractions utilisés (décoction, infusion et macération) est liée spécialement au changement de la température. Ce facteur a influencé sur les teneurs en polyphénols et flavonoïdes.

Les colorants naturels sont moins dangereux et plus bénéfiques pour la santé, par rapport aux colorants synthétiques. Ils sont l'un des composants de diverses matières telles que les médicaments, textile, coton.

La raison pour laquelle nous avons choisi le poivron rouge et curcuma pour réaliser une étude chromatographie sur les pigments et les colorants est ses utilisations populaires comme épices et colorants et leurs importances économiques.

Nous avons constaté à travers la chromatographie CCM que la couleur de chaque molécules séparée d'extrait hydrométhanolique diffère les uns aux l'autre et varie selon le solvant utilisé et selon la propriété de dissoudre chaque pigment présenté dans un ou plusieurs types des solvants d'extraction.

La Séparation des pigments des fruits de *Capsicum annuum* et des rhizomes de *Curcuma Longa*, par CCM ont révélé que les deux épices possèdent un pouvoir colorant marqué par la présence plusieurs taches de différents Rf dans les plaques CCM des deux épices les fruits de *Capsicum annuum* et les rhizomes *Curcuma Longa*

Les pigments les plus abondants de Paprika sont **caroténoïdes** et de curcuma est le **curcumine**, et leurs compositions dépendent en grande partie des variétés et des conditions geo-climatiques de la culture (**Arimboor et al., 2014**).

Cependant les rapports sur les compositions détaillées de caroténoïde et curcumine des variétés de poivron rouge et curcuma en ce qui concerne leurs conditions agro-climatiques sont limitées. Dans la pratique, il est très important de tenir compte de l'instabilité de caroténoïde et de la curcumine pour établir des conditions de traitement pour ses applications de coloration (**Arimboor et al., 2014**).

Les pratiques de traitement et de stockage peuvent changer la nature et les propriétés des pigments pour résultat des variations de la libération des caroténoïdes et curcumine pendant l'extraction pour l'analyse, qui peut même montrer l'augmentation du contenu de caroténoïde et d'autres pigments pendant le traitement et le stockage (**Arimboor et al., 2014**).

*Conclusion et
perspectives*

Le travail que nous avons entrepris a pour objectif principal la valorisation de quelques épices caractérisées par des vertus médicinales. Il se base sur l'évaluation des teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes, ainsi que l'extraction et la séparation des pigments totaux des extraits bruts hydrométhanoliques de trois épices : les rhizomes de *Curcuma longa* (curcuma), les fruits de *Capsicum annuum* L. (Paprika) et les stigmates des fleurs de *Crocus sativus* L (Safran).

À la lumière des résultats obtenus, nous avons conclu que :

- Le meilleur rendement est donné par l'extrait brut préparé par macération des Fruits de *Capsicum annuum* d'ordre de 47,9%, Par rapport aux deux autres épices étudiées.
- Les trois extraits bruts préparés des Fruits de *Capsicum annuum* ont présenté un aspect caramélisé. Alors que, les deux extraits bruts infusion et décoction préparés des Rhizomes de *Curcuma Longa* sont récupérés sous forme des cristaux contrairement, à l'extrait préparé par macération qui a présenté un aspect pâteux. Les extraits bruts préparés à partir du Stigmates des fleurs de *Crocus sativus* sont présenté sous forme des cristaux ou poudre.
- Un screening phytochimique, en tant qu'analyse qualitative, a mis en évidence la richesse de ces trois épices en métabolites secondaires.
- L'extrait brut hydrométhanolique des fruits de *Capsicum annuum* a présenté les teneurs les plus élevées en polyphénols totaux et en flavonoïdes, de l'ordre de 250 µg EAG/mg ES et 33,33 µg EC/mg ES, respectivement, Par rapport aux deux autres épices étudiées.
- Les résultats obtenus à partir de l'extraction des pigments a indiqué que les extraits obtenus par extraction liquide/ liquide avec acétone sont colorés en marron quelle que soit la plante ou le mode d'extraction. Par contre, l'extraction liquide/liquide de la phase organique par l'éther de pétrole a permis d'obtenir des pigments de couleur jaune pour les fruits de *Capsicum annuum* et de couleur verte pour rhizomes de *Curcuma Longa*.
- Les résultats de la séparation des pigments des extraits de *Curcuma Longa*, par CCM, ont montré une bonne migration des constituants dans le système apolaire (éther di éthylique + Cyclohexane) alors que, les résultats de la séparation des

pigments des extraits de *Capsicum annuum*, par CCM, ont montré une bonne migration des constituants dans le système polaire (méthanol).

Nous pouvons ressortir de cette étude deux principaux points :

1- les épices peuvent être considérées comme une source naturelle des phytonutriments pour l'utilisation médicinale. Et pour obtenir une vue précise sur les propriétés biologiques et pharmacologiques de ces épices, une étude *in vivo* est souhaitable pour vérifier l'efficacité de ces composés phytochimiques dans l'organisme et démontrer la possibilité et le bon mode de son utilisation thérapeutique.

2- Les épices sont sources des colorants naturels que nous pouvons les extraire et les utilisées à la place des colorants synthétiques dans les industries agro-alimentaires pour conserver naturellement les produits alimentaires contre les oxydations et contre la dégradation microbienne. Ces colorants peuvent être utilisés aussi dans les industries pharmaceutiques (les médicaments) et cosmétiques (Produits d'hygiène, Produits capillaires, produits pour la peau...).

En perspective, plusieurs travaux peuvent être envisagés dans la continuité des travaux entamés :

- Rechercher des nouvelles molécules bioactives naturelles à partir des épices ;
- Evaluer les seuils de toxicité et d'efficacité de chaque épice ;
- Confirmer par des études «*in vitro* et *in vivo*» l'intérêt thérapeutique des épices ;
- Identifier des principes actifs responsables de ces activités pharmacologiques, avec la détermination des conditions optimales pour l'extraction de ces principes actifs ;
- Développer des nouvelles méthodes ou processus d'extraction des pigments naturels a base épices qui peut être appliquées dans les industries agroalimentaires et pharmaceutiques ;
- Déterminer les conditions idéales de traitement et de conservation des épices pour assurer une bonne qualité et éviter l'oxydation de ces molécules bioactives.

*Références
bibliographique*

A

Abdelmalek F., Tprres R.A., Ombet E.C., Petrier C., Pulgarin C., Addou A. (2008).

« Gliding Arc Discharge (GAD) assisted catalytic degradation of bisphenol a in solution with ferrous ions. ». Separation and Purification Technology: 30-37.

Aguilera-Carbo A., Augur C., Prado-Barragan L. A., FavelaTorres E., Aguilar C.N. (2008). Microbial production of ellagic acid and biodegradation of ellagitannins. Applied Microbiology and Biotechnology. 78: 189-199.

Akokuwah G.A., Mariam A., Chin J.H. (2009). The effect of extraction temperature on total phenols and antioxidant activity of *Gynuraprocumbens* leaf. *Pharmacogn Mag.* 5: 81-85.

Alix L.D. (2012). Les épices c'est malin, cannelle, clou de girofle, poivre. Leurs bienfaits et toutes leurs utilisations méconnues pour la santé, la beauté et la maison. *Ed. Leduc. Paris :* 37.

Al-Gabbiesh A., Kleinwächter M., Selmar D. (2015). Influencing the Contents of Secondary Metabolites in Spice and Medicinal Plants by Deliberately Applying Drought Stress during their Cultivation. *Jordan Journal of Biological Sciences.* 8 (1) : 1 – 10.

Allo O., Blanc P., Dalmaso M.A. (2005). Pharmacie galénique BP livre.

Amrouche A., Yaya K. (2017). Teneur en composés phénoliques et activité antioxydante d'extrait aqueux de feuilles de *Moringa oleifera*. Mémoire de master Bioprocédé et technologie alimentaire. Université A. MIRA- Bejaia : 13.

Anil K., Jyotsna D., Anup S. (2011) - A Review on Spice of Life Curcuma Longa (Turmeric). *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology.* 2. ISSN 0976-4550: 372.

Annou G. (2017). Activités biologiques des épices constitutives d'un mélange «Ras el hanout» utilisé par les habitants de Ouargla. Thèse de doctorat Biochimie et Analyse des Bioproduits. Université Kasdi Merbah Ouargla: 14.

Araujo C.C., Leon L.L. (2010). Biological Activities of Curcuma Longa L. Mem Inst Oswaldo.

Arimboor R., Ramesh Babu Natarajan., Ramakrishna Menon K., Lekshmi

Chandrasekhar P., Vidya Moorkoth. (2014). Red Pepper (Capsicum Annuum) Carotenoids As A Source Of Natural Food Colors: Analysis And Stability—A Review. J Food Sci Technol. DOI 10.1007/s13197-014-1260-7.

Arvy M., Gallouin F. (2003). Epices, aromates et condiments. Belin Ed : 216-219. Aspx (page consultée le 15/10/14).

Arzour A., Belbacha K. (2015). Le Risque Toxicologique Des Colorants Alimentaires. Mémoire de master Toxicologie et santé. Université des Frères Mentouri Constantine.

B

Belabbassi O. (2012). Etude de l'effet de la polyploïdisation sur la teneur en hyoscyamine des chevelus racinaires de *Datura stramonium L.*

Belegald J. (1987). Les colorants industriels, Encyclopédie médicochirurgicale pathologie du travail, intoxications maladies par agents physiques 16082 à paris. Edition techniques : 5.

Belloum Z. (2007). Etude phytochimique des plantes médicinales Algériennes, cas de l'espèce *Inula crithmoides (L.)*. Mémoire de Magister en chimie organique. Université Mentouri- Constantine (Algérie).

Benaissa A. (2010). Étude de la dégradation photocatalytique d'un colorant synthétique et d'un tensioactif. Thèse Doctorat, Université de Constantine.

Benitez F.J., Acero J.L., Real F.J. (2001) « role of hydroxyl radicals for the decomposition of p-hydroxy phenylacetic acid in aqueous solutions. », Water. Research: 1338-1343.

Benmostefa I., Guellil Z. (2017). Dosage des polyphénols de la fleur de *crocus sativus L.* mémoire de master alimentation et nutrition. Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen : 41-42.

Bergeon-Langle S., Curie P. (2009). Peinture et dessin. Vocabulaire typologique et technique, Paris, Editions du patrimoine. (ISBN 978-2-7577-0065-5): 973.

Bernard M., Metche M. (1980). Polymères végétaux (Biochimie Appliquée). Paris: 252-253.

Bernard M., Couderc R., Cynober L. (2005). Les aliments traditionnels: Remèdes de bonne femme Ou pharmacopée du xxie siècle l'exemple de la curcumine; Cah. Nutr. Diét. 40 (6): 325-333.

Boelen M. (1990). Utilisation des aliments tropicaux : sucres, épices et stimulants. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, 47/6, Rome.

Bosland P.W., Votava E.J. (2000). CAB Intl. Pub.

Bouchouka E.L., Djilani A., Bekkouche A. (2012). Antibacterial and antioxidant activities of three endemic plants from Algerian Sahara. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 11(1): 61-65.

Boukri N.H.(2014). Contribution à l'étude phytochimique des extraits bruts des épices contenus dans le mélange Ras-el-hanout.

Boullard B. (1997). Plante médicinales du Monde : 103.

Boullard B. (2001). Dictionnaire des plantes médicinales du monde: Estem : 174. *Chem Res toxicol.* 16:1642-51.

Bulduk S. (2004). *Food Technology. 2nd edition, Detay Publishing, Ankara, Turkey.*

Brooks M. (2004). Les épices, utilisations et propriétés médicales. Québecor, Canada : 11-41.

Bruneton J. (1999 a). Pharmacognosie-Phytochimie, Plantes médicinales. Techniques et documentation. Lavoisier 3^{ème} édition, Paris.

Bruneton J. (1999 b). Tannins. In: *Pharmacognosie, phytochimie, Plantes Cannas A.*

Bruneton J. (2008). Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. 3^{ème} Ed Paris, Lavoisier Tech et Doc.

Bruneton J. (2009). Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. 4^{ème} Ed Paris, Lavoisier Tech et Doc.

C

Carole G. (2011). Mes petites recettes magiques au super épices, cannelle, curcuma, muscade. Anti cancer, protection cardiaque, mineur. *Ed. Leduc. Paris:* 17, 18.

Cheikh Ali Z. (2012). Études chimiques et biologiques d'*Aframomum sceptrum* (Zingiberaceae) et de la curcumine. Thèse Doctorat. Université Paris-Sud : 46.

Chetioui S. (2010). Structures et propriétés physico-chimiques de substances colorantes de synthèse. Mémoire de magister en chimie, Cristallographie. Université de Mentouri Constantine.

Cheurfa M., Allem R. (2016). Évaluation de l'activité antioxydante de différents extraits des feuilles d'*Aloysia triphylla*. *Phytothérapie*. 14(3):181-187.

Claude M. (2006). Histoire de la calligraphie française, Albin Michel : 335, 323.

Codex Alimentarius CODEX STAN 192-1995.

Collin S., Crouzet J. (2011). Polyphénols et procédés. Ed. TEC & DOC, Paris : 339.

CE (Commission Européenne) (2014) 'Règlement (CE) N°1223/2009 du 30 novembre 2009 relatif 115 aux produits cosmétiques' :39.

Cook S.M.F., Linden D.R. (1997). Use Of Rhoda Mine WT To Facilate Dilution And Analysis Of Atrazine Samples In Short-Term Transport Studies, *J. Environ. Qual.* 26: 1438-41.

Crozier A. (2003). Classification and biosynthesis of secondary plant products: an overview. In *Plants" Diet and Health"*. Ed. Goldberg: 27- 48.

D

Djeriri R ., Douzi F.Z. (2016).Tests phytochimiques sur la fleur de crocus sativus L. mémoire de master alimentation et nutrition. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.

Dupont J. (2001). Dimensions culturelles et culturelles du safran en France. *Empan*. 41:34-38.

E

Ebadi M. (2001). Pharmacodynamic Basis of Herbal Medicine. *CRC Pres LLC*.

Eberhard T., Robert A., Annelise L. (2005). Plantes aromatiques, épice aromates, condiments et huiles essentielles. Tec et Doc. Lavoisier. Paris France.

F

Falah S., Suzuki T., Katayama T. (2008) .Chemical constituents from *Swietenia macrophylla* bark and their antioxidant activity. *Pak J Biol Sci*. 11:2007-2012.

Farag R.S., Daw F.M., Hewed., El- Baroty A. (1989). Antimicrobial Activity Of Some Egyption Spice Essential Oils. *J. Food Prot.* 52: 665-667.

Favier A. (2003). Le stress oxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique* : 108-115.

Flett., M. St. C., J. (1948). Chem. Soc: 1441.

Fouch J.G., Marquet A., Hambuckers A. (2000). Les plantes médicinales, de la plante au médicament, observation du monde des plantes.

G

Ghedira k. (2005). Les flavonoïdes: Structure, propriétés biologiques, rôle phytothérapeutique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*. 3(4): 162-169.

Ghedjati N. (2015). Toxicité aiguë et subaiguë des alcaloïdes naturels et synthétiques des graines du *Datura stramonium*.

Goetz P., Le Jeune R. (2012). *Capsicum annuum* et *Capsicum frutescens* Piment. Springer-Verlag France. *Phytothérapie*.10:126–130.

Gulcin I., Huyut Z., Elmastas M., Aboul-Enein H.Y. (2010). Radical Scavenging and Antioxidant Activity of Tannic Acid. *Arabian Journal of Chemistry*. 3: 43-53.

H

Haslam E. (1998). Practical polyphenols: from structure to molecular recognition and physiological action. Cambridge University Press, Cambridge, UK:65.

Hagerman A.E. (2002). Tannin Chemistry (www.Users.Muohio.Edu/Hagermae). Institute of Animal Nutrition, University of Hohenheim (Germany).

Hans-Ulrich Grimm (food-detektiv.de, All.) ». (2012). Base de donnée des additifs » Chercher '160c' :10.

Harbone J.B. (1998). Phytochemical Methods: A guide to modern techniques of plant analysis. 3^{ème} Ed. Chapman and Hill: 303.

Heredia J.B., Torregrosa J., Dominguez J.R., Peres J.A. (2001) « Kinetic model for phenolic compound oxidation by Fenton's reagent. », *Chemosphere*: 85-90.

Hernandez Ochoa L.R. (2005). Substitution de solvants et matières actives de synthèse par un combiné «solvant/actif» d'origine végétale, Institut National Polytechnique de Toulouse.

Hu Y., Lu-Ping Q., Qiao-Yan Z., Rahman K., Ting-Han., Ting-Ting H., Yu-Zhu. (2008). Comparative Study of Composition of Essential Oil from Stigmas and Of Extract from Corms Of *Crocus Sativus*. *Chemistry of natural compounds*. 44 (5) : 666-667.

I

Igor Passi L.B. (2002). Etude des activités biologique de Fagarazanthoxyloïdes, lam (Rutaceae). Thèse de pharmacie, Bamako : 133.

Ilbert H., Hoxha V., Sahi L., Courivaud A., Chailan C. (2016).Le marché des plantes aromatiques et médicinales : analyse des tendances du marché mondial et des stratégies économiques en Albanie et en Algérie. Montpellier: CIHEAM / France AgriMer.

Iserin P. (2001). Larousse Encyclopédie des plantes médicinales. Ed Larousse : 10, 335.

J

Jansen P. C. M., Grubben G. J. H., Cardon D. (2005).Ressources végétales de l'Afrique tropicale 3. Colorants et tanins. Wageningen. Pays-Bas : PROTA : 238.

K

Karimi E., Oskoueian E., Hendra R., Jaafar H. Z. (2010). Evaluation of Crocus Sativus L. Stigma Phenolic and Flavonoid Compounds and Its Antioxidant Activity. *Molecules*. 15(9): 6244-6256.

Keith S. (2006). Propriétés des principales épices, Maryse THIEBAUD Diététicienne – Nutritionniste : 1.

Khambalee K., Ree T.R. (2001).Tannins: Classification and Definition. Journal of Royal Society of Chemistry. 18:641-649.

Kheffach A. (2015). La Cytotoxicite de certaines Huiles essentielles chez les lapins. Mémoire de master Biochimie appliquée. Université Echahid Hamma Lakhdar D'el-Oued : 15.

Kim D.C., Ku S.K., Bae J.S. (2012). Anticoagulant Activitie of Curcumin And Its Derivative. BMB Rep. 45(4): 221-226.

L

Lamnaouer D. (2002). Plantes médicinales du Maroc : Usages et toxicité.

Lehout R., Laib M. (2015).Comparaison de trois méthodes d'extraction des composés phénoliques et des flavonoïdes à partir de la plante médicinale : *Artemisia herba alba* Asso. Mémoire de master Biochimie moléculaire et santé. Université des Frères Mentouri Constantine : 18-24.

Leinmüller E., Steingass H., Menke K.H. (1991). Tannins in Ruminant feed stuff.

Loap S. (2008). Curcuma (partie I). *Phytotherapie* .6: 22–28.

Lorenzi H. (2002). Abreu Matos, Plantas Medicinai no Brasil. Instituto Plantarum de Estudos de Flora, LTDA.

M

Madaus G. (1938). Lehrbuch der biologischen Heilmittel .GeorgThieme Verlag Leipzig III.

Mahmoudi S., Khali M., Mahmoudi N. (2013). Etude De L'extraction Des Composés Phénoliques De Différentes Parties De La Fleur D'artichaut (*Cynara Scolymus L.*). *Nature & Technologie*. B- Sciences Agronomiques Et Biologiques. N° 09 : 35-40.

Makhloufi A. (2013). Etude des activités antimicrobienne et antioxydante de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de bechar (*Matricaria pubescens* (Desf.) et *Rosmarinus officinalis L.*) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru.

Marinho B. A., Djellabi R., Cristóvão R. O., Loureiro J. M., Boaventura R. A., Dias M.M., Lopes J. C. B., Vilar V. J. (2017). Intensification of Heterogeneous TiO₂ Photocatalysis Using an Innovative Micro–Meso-Structured-Reactor for Cr (VI) Reduction under Simulated Solar Light. *Chemical Engineering Journal*. 318: 76-88.

Megueded S.K. (2012) « Dégradation photocatalytique de colorants sur TiO₂ Degussa P25 et argile pontée au titane. ». Thèse de doctorat: 28.

Mena H. (2015). Activité anticoagulante et phagocytaire de quelques épices (curcuma, gingembre et poivre noir).Mémoire de master biochimie appliquée. Université Kasdi Merbah Ouargla.9.

Merghem R. (2009). Eléments de biochimie végétale. *Bahaeddine Editions*: 95-121.

Merzougui I., Tadj H. (2015). Etude de l'effet antibactérien et antioxydant d'*Ammoides verticillata* De la région de Tlemcen.

Messaoudi S. (2005). Les plantes médicinales. Ed, DAR ELFIKR, Tunis : 10.

Mezouar D. (2013). Recherche d'activités biologiques de *Berberis vulgaris*.

Mohammedi Z. (2006). Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant de quelques plantes de la région de Tlemcen. Thèse de magister. Option : produits naturels, activité biologique et synthèse .Faculté des sciences .Université ABB. Tlemcen. Algerie.

Mohammedi Z., Atik F. (2011). Impact of solvent extraction type on total polyphenols content and biological activity from *Tamarix aphylla* (L.) Karst. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2 (1): 609-615.

Mostafa M. (2008). The Metabolism of Terpenoides in Caprins, Agro Paris Tech.

Mueller-Harvey I. (2001). Analysis of hydrolysable tannins. *Anim. Feed Sci. Technol.* 91: 3-20.

N

Nihal T.Y., Sedat V., Ferda S., Gokce P. (2007). Effect of Extraction Conditions on Measured Total Polyphenol Contents and Antioxidant and Antibacterial Activities of Black Tea. *Molecules*. 12: 484-496.

Nkhili E. (2009). Polyphénols de l'alimentation : extraction, interactions avec les ions du fer et du cuivre, oxydation et pouvoir antioxydant. *Thèse de doctorat*. Université Cadi Ayyad – Marrakech.

P

Packer L. (2001). Flavonoids and other polyphénols. Ed Academic Press, California: 483.

Pagga U., Brown D. (1986) « the degradation of dyestuffs part II: behaviour of dyestuffs in aerobic biodegradation tests. », *Chemosphere*: 479-491.

Palomares C. (1988). Le safran, précieuse épice ou précieux médicament. Thèse de doctorat. Université de Lorraine Université Mentouri de Constantine.

Paris M., Hurabielle M. (1981). Abrégé de matière médicale «Pharmacognosie». Tome 1, Generalities, Morphologies. Ed. Masson, Paris : 256-266.

Perez M.B., Calderon N.L., Croci C.A. (2007). Radiation-induced enhancement of antioxidant activity in extracts of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Food Chem.* 104: 585, 592.

Perva-Uzunalic A., Skerget M., Knez Z., Weinreich B., Otto F., Grunner S. (2006). Extraction of active ingredients from green tea (*Camellia sinensis*): Extraction efficiency of major catechins and caffeine. *Food Chemistry*. 96(4): 597-605.

Pimparkar B.D., Donde U.M., Bhiwankar N.T., Mehta J.M. (1972). Effects Of Commonly Used Spices On Human Gastric Secretion. *J Assoc Physicians India*. 20: 901-10.

Pinheiro R.P. (2015). " Caracterização química e efeitos farmacológicos de produtos derivados de *Palicourea rigida* Kunth (Rubiaceae)."

Podsdek A. (2007). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT*. 40:1-11.

Przygodzka M., Zielin H., Zuzana S., Kukurová K. C., Lamparski G. (2014). Effect of selected spices on chemical and sensory markers in fortified rye-buckwheat cakes. *Food Science & Nutrition*. 4(4): 651–660.

Q

Quezel P., Santa S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I, C.N.R.S. Paris.

R

Rahimi M. (2015). Chemical and Medicinal Properties of Saffron. *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci*. 4:69-81.

Rahmouni S., Reghis S. (2016). Etude phytochimique et évaluations des activités anti-oxydantes et antibactériennes des espèces : *Lavandulasteochas*, *Glycyrrhizzaglabra* L., *Crocus sativus* L. et *Linum usitatissimum* L. Mémoire de master en Métabolisme secondaire et molécules bioactives. Université des Frères Mentouri Constantine.

Ramakrishna A., Ravishankar G.A. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signaling & Behavior*. 6(11): 1-12.

Redhead J. (1990). Utilisation des aliments tropicaux: sucres, épices et stimulants. *Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture*: 19- 46.

Rita N., Farit A. (2009). Natural polyphenols as anti-oxydant, anti-inflammatory, antiangiogenic agents in the metabolic syndrome. In *Oxydative Stress, Inflammation and Angogenesis*, Ed Springer Science, Business Media B.V. Université de Porto: Portugal:147-180.

Rubio L., Motilva M. J., Romero M. P. (2013). Recent advances in biologically active compounds in herbs and spices: A review of the most effective antioxidant and anti-inflammatory active principles. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 53: 943–953.

S

Saidi F.Z. (2013) «Élimination d bleu de méthylène par des procédés d'oxydation avancée. », mémoire de magister, Université Abou Bakr Belkaïd Tlemcen : 4.

Saigaa S., Rahmaoui F. (2018).Dosage des polyphénols et recherche d'activité antiradicalaire et antioxydante de fruits *Capsicum annum*.

Salmi D., Slimani K. (2014). Application De L'électroflottation- Electrocoagulation Pour L'élimination D'un Colorant Textile Cas Du Bleu D'indranthrène RS. Mémoire De Master Hydraulique Urbaine. Université A.MIRA-BEJAIA :11.

Saxena R. B. (2010).Botany, Taxonomy and Cytology of *Crocus sativus* series. *AYU (An international quarterly journal of research in Ayurveda)*.31(3): 374.

Schofield P., Mbugua D.M.,Pell A.N. (2001). Analysis of condensed tannins: a review. *Anim. Feed Sci. Technol*: 91, 21-40.

Shiyou L., Wei Y., Guangrui D., Ping W., Peiying Y., Bharat Aggarwal B.(2011). Chemical Composition and Product Quality Control of Turmeric (*Curcuma longa* L.) *Pharmaceutical Crops*.2 : 28-54.

Skoula., AbidiC., KokkalouE. (1996). *Biochem. Syst. Ecol.* 24:255.

SOPHIE J. (2006). La culture des plantes aromatiques : 91,92.

Srinivasan K. (2014). Antioxidant Potential Of Spices And Their Active Constituents. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 54: 352–372.

Stalikas C.D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *J. Sep. Sci.*30:3268–3295

Steinman H. (2017). Allergen or Substance search » Capsanthin / Paprika extract / Capsorubin. 11.

Sullivan R. (2011). Régulation transcription elle de la biosynthèse des lignes du lin (*linum usitatissimum* et *linum flavum* et amélioration de l'extraction des Lignanes. l'université d'Orléans.

Sun T., Powers J.R., Tang J. (2007). Evaluation of the antioxidant activity of *asparagus broccoli* and their juices. Food Chemistry. 105: 101-106.

T

Tachakittirungrod S., Ikegami F., Okonogi S. (2007). Antioxidant Active Principles Isolated from *Psidium guajava* Grown in Thailand. Scientia Pharmaceutica (Sci. Pharm). 75:179-193.

Talbi L., Medjbar W. (2017). Qualité physico-chimique du safran Algérien. Mémoire de master Chimie. Université A. MIRA – Béjaïa : 7-8.

Teetes G.L., Young W.R., Jotwani M.G., Miller F.R., Gilstrap F.E. (1980). Introduction à la lutte intégrée contre les ennemis du sorgho. Ed. FAO, Américaine : 164.

Tellez-Perez C. (2014). Valorisation de la production agricole mexicaine par préservation et séchage par auto vaporisation instantanée ; cas du piment vert. Génie des Procédés Industriels. L'université de la rochelle.

Thayumanavan B., Sadasivam S. (2003). Molecular Host Plant Resistance To Pests. CRC Pres LLC.

U

UE (2011) Directives et Règlements de l'Union Européenne relatifs aux additifs alimentaires Règlement 1129/2011.

V

Vaquier A.R.L. (2010). Intérêt d'un nouveau nutriment à visée anti-inflammatoire dans la gestion des troubles locomoteurs chez le cheval : aspects bibliographiques et étude clinique. Thèse pour le doctorat vétérinaire. *Ecole nationale vétérinaire d'Alfort* : 199.

Van De Weghe P. (2011/2012). UMR 6226 Sciences Chimiques de Rennes Equipe Produits Naturels, Synthèses, Chimie Médicinale.

W

Wichtl M., Anton R. (2003). Plantes thérapeutiques. 2e édition, paris : 692.

Z

Zaki N. Et Al. (2018). Caractéristiques physicochimiques, nutritionnelles et antioxydantes du paprika produit par procédé semi-industriel à partir de la Niora (*Capsicum annuum L.*) cultivée dans trois régions Marocaines, *Nature & Technology Journal*. Vol. B: Agronomic & Biological Sciences. 19: 01-12:

Zhenwang L., Zhenlu C., Jianyan L. (2000) « The Pt molecular structure and its chromophoric luminescence mechanism. », 15th World Conference on Non-Destructive Testing, Rome. 15-21.

Zhishen J., Mengcheng T., Jianming W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*. 64: 555 – 559.

Site Internet:

<https://www.lesoiralgerie.com/articles/2014/06/22/article.php?sid=165072&cid=2>.

المخلص

تمت معايرة مستخلصات ميثانول-ماء المحضرة بثلاث طرق لاستخراج بالمنقوع البارد الملغى والمنقوع الساخن لثلاث توابل : الفلفل الاحمر ، الكركم ، والزعفران المستخدمة من قبل سكان غرب الجزائر لخصائصها العلاجية وقدرتها على التلوين.

وقد أجريت دراسة الكيمياء النباتي عن طريق التحليل النوعي (اختبارات المواد الكيميائية النباتية)، التحليلات الكمية (قياس نسبة مركبات الفينول) و تحليل محتويات الأصباغ التي تمت دراستها عن طريق عملية الاستخراج التي تركز على استعمال المذيبات وعملية فصلها بواسطة كروماتوجرافيا الطبقة الرقيقة.

كشف الفحص الكيميائي النباتي الذي أجري على البهارات الثلاث عن وجود العفص والفلافونويدوسكريات المرجعية والتيربينويدات في مختلف المستخلصات المعدة من التوابل الثلاثة . تتواجد الالكلويدات والصابونين في مختلف المستخلصات المحضرة من الفلفل الحلو و جذور الكركم اما الكينون و الانثراكينونات فقد تواجدت في مختلف مستخلصات المعدة من جذور الكركم و غابت في المستخلصات المعدة من التوابل الأخرى .

أظهرت ثمار الفلفل الاحمر مستويات عالية من اجمالي البوليفينولات و الفلافونويدات حوالي 250 ميكروغرام معادل حمض الغاليك لكل ملغ من مستخلص الجاف و 33.33 ميكروغرام معادل الكاتشين لكل ملغ من مستخلص الجاف، على التوالي ، مقارنة مع التوابل الأخرى التي شملتها الدراسة.

وأشار استخراج وفصل المواد الملونة عن طريق كروماتوجرافيا الطبقة الرقيقة أن لون كل الجزينات المنفصلة لمستخلصات الهيدروميثانول يختلف من واحدة لأخرى باختلاف المذيب المستعمل ووفقا لخاصية الذوبان التي تميز كل صبغة مذابة في نوع أو عدة أنواع من مذيبات الاستخراج. ثمار الفلفل الأحمر و جذور الكركم تمتلك قوة التلوين تميزت بحضور عدة بقع تمثل تعدد المكونات ذات نسب مختلفة في صفائح كروماتوجرافيا بطبقة رقيقة من كلا التوابل.

لقد أتاحت لنا نتائج هذا العمل القول أن التوابل لها فعلا تأثيرات علاجية و قوة تلوين يعودان أساسا إلى الجزينات الحيوية.

الكلمات الدالة: الفلفل الاحمر . الكركم . الزعفران . المركبات الفينولية . الخصائص العلاجية . الالوان و الصبغات الطبيعية

Résumé

Des extraits bruts hydrométhanoliques, préparés par trois modes d'extraction macération ; infusion ou décoction, de trois épices : fruits de *Capsicum annuum* L. (Paprika), rhizomes de *Curcuma longa* (curcuma) et les stigmates des fleurs *Crocus sativus* L. (Safran), utilisées par la population de l'ouest algérien, ont été étudiés pour déterminer leurs composés phytochimiques et leurs pouvoirs colorants.

L'étude phytochimique a été effectuée par analyse qualitative (tests phytochimiques), analyse quantitative (dosages des composés phénoliques) et analyse des pigments, réalisée par processus d'extraction par solvants à polarité différente et de séparations par une chromatographie sur couche mince (CCM).

Le screening phytochimique réalisés sur les trois épices a révélé la présence des tanins, les flavonoïdes, les composés réducteurs et les Terpénoïdes dans les différents extraits préparés des trois épices. Les alcaloïdes et les saponines sont présents seulement dans les différents extraits préparés des fruits de *Capsicum annuum* et les rhizomes de *Curcuma Longa* . Les quinones et les anthraquinones sont présentes dans les différents extraits préparés des rhizomes de *Curcuma Longa* et sont absentes dans les différents extraits préparés des deux autres épices.

Les fruits de *Capsicum annuum* possèdent les teneurs de polyphénols et flavonoïdes totaux les plus élevées de l'ordre de 250 µg EAG/mg ES et 33,33 µg EC/mg ES, respectivement, Par rapport aux deux autres épices étudiées.

L'extraction et la séparation des pigments par la CCM a indiqué que la couleur de chaque molécule séparée d'extrait hydrométhanolique diffère les uns aux l'autre et varie selon le solvant utilisé et selon la propriété de dissoudre chaque pigment présenté dans un ou plusieurs types de solvants d'extraction. Cette séparation a conclu que les fruits de *Capsicum annuum* et les rhizomes de *Curcuma Longa* possèdent un pouvoir colorant marqué par la présence plusieurs taches de différents Rf dans les plaques CCM des deux épices.

Les résultats de ce travail nous ont permis d'affirmer que les épices possèdent des effets thérapeutiques et un pouvoir colorant revient essentiellement aux molécules bioactives.

Mots-clés: *Capsicum annuum* L. *Curcuma longa* L. *Crocus sativus* L. Composés phénoliques. Propriétés thérapeutiques. Colorants et pigments naturels.

Abstract

The hydromethanolic crude extracts prepared by three modes of extraction maceration; infusion and decoction of the three following spices *Capsicum annuum* L (Paprika), *Curcuma longa* (curcuma) and *Crocus sativus* L (Saffron) used by the population of the Algerian west were tested to determine their therapeutic properties and their capacity dyes. The phytochimic study was carried out by qualitative analyses (tests phytochimic), quantitative analyses (proportionings of the phenolic compounds) and the contents of pigments were estimated by a process of extraction carried out by solvents and their separations by thin layer chromatography (CCM).

The screening phytochimic realized on three spices revealed the presence of the tannins, the flavonoids, the reducing compounds and Terpénoïdes in the various prepared extracts of three spices, alkaloids and saponins are present in the various prepared extracts of the fruits of *Capsicum annuum*, the rhizomes of *Curcuma Longa* and miss in the various prepared extracts of the marks of the flowers of *Crocus sativus*, quinones and anthraquinones are present in the various prepared extracts of Rhizomes of *Curcuma Longa* and miss in the various prepared extracts of two other spices.

The fruits of *Capsicum annuum* have the total polyphenol contents and flavonoids highest of about 250 µg EAG/mg ES and 33,33 µg EC/mg ES, respectively, Compared to two other spices studied.

The extraction and the separation of the pigments by the CCM indicated that the color of each molecule separates of extract hydromethanolic differs the one with the others and varies according to solvent used and the property to dissolve each pigment presented in one or more types of solvents of extraction, and the fruits of *Capsicum annuum* and the rhizomes of *Curcuma Longa* have a colouring capacity marked by the presence several spots of different RF in plates CCM from two spices

The results of this work enabled us to affirm that the spices have therapeutic effects and a colouring capacity returns primarily to the bio actives molecules.

Keywords: *Capsicum annuum* L. *Turmeric longa* L. *Crocus sativus* L. Phenolic compounds. Therapeutic properties. Natural dyes and pigments