



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج
Université Mohammed El Bachir El Ibrahim B.B.A
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم البيولوجية
Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie

Intitulé :

L'Étude Bibliographique approfondie des composés actifs et des applications potentielles du *Capsicum annum* L. dans l'Industrie pharmaceutique et alimentaire

Présenté par:

MIHOUBI Meriem

Soutenu le 30/ 06/ 2024, Devant le Jury :

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation / institution
Présidente :	M ^{me} . MEZITI Asma	MCA	Université de Bordj Bou Arreridj
Encadrant :	Mr. BECHAMI Sofiane	MAA	Université de Bordj Bou Arreridj
Examinatrice :	M ^{me} . BOUMERFEG Sabah	Pr	Université de Bordj Bou Arreridj

Année Universitaire 2023/2024

REMERCIEMENTS

قال تعالى: ﴿وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ﴾

Tout d'abord, nous remercions ALLAH de nous avoir donné la volonté, la force, le courage et la patience pour réaliser ce travail.

Je souhaite exprimer toute ma gratitude envers **Mr. BECHAMI Sofiane** pour avoir accepté de superviser ce travail, pour son aide précieuse et ses conseils. Je suis profondément reconnaissante pour son accompagnement bienveillant, et pour la confiance qu'il m'a accordée durant la réalisation de ce travail.

J'exprime ma profonde gratitude à **Mme MEZITI Asma** qui m'a fait l'honneur de présider le comité de jugement de cette soutenance. Je suis sincèrement reconnaissante pour sa présence inspirante et son expertise qui ont enrichi cette expérience académique. Je tiens à lui adresser mes sincères remerciements.

Je souhaite exprimer ma profonde reconnaissance à **Mme Boumerfeg Sabah** pour avoir accepté d'examiner ce travail et de participer au jury. Ses contributions précieuses ont été d'une importance capitale dans l'évaluation de ce mémoire. Je tiens à lui adresser mes sincères remerciements.

Je tiens à remercier sincèrement tous les enseignants et autres personnes qui ont guidé ma réflexion par leurs conseils et critiques.

Merci à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin, directement ou indirectement, à la réalisation de ce travail.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail en signe de respect, de reconnaissance et de gratitude :
À **ALLAH** tout puissant de m'avoir donné le courage, la santé et m'a accordé son soutien
durant les périodes les plus difficiles.

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à **Mr. DAHOU Moutassem** pour le soutien
inestimable qu'il m'a apporté tout au long de mon parcours universitaire. Il a été bien plus
qu'un mentor académique. Sa présence constante, sa patience infinie, ses conseils éclairés,
ses encouragements permanents. Son engagement et son expertise ont été une source de
confiance et de motivation qui a grandement enrichi mon expérience universitaire. Je lui suis
infiniment reconnaissante pour tout ce qu'il a fait pour moi.

Je souhaite exprimer ma gratitude envers **Mr. SID Nassim, Mr. MEKHOUKH Nasreddine**
et **Mme. FATMI Widad** pour tout ce qu'ils m'ont enseigné, sur leur orientation et pour leur
soutien indéfectible, particulièrement durant les moments les plus difficiles.

À mon **Père** qui m'a donné le courage pour continuer mon trajet d'étude et qui m'a redonné la
confiance lorsque la motivation n'était plus au rendez-vous.

À ma **Mère**, qui a été la source inépuisable d'amour, de motivation et de soutien sans égal
dans les moments les plus éprouvants de ma vie. Son dévouement et sa force m'ont toujours
encouragée à persévérer.

À mes chères **Belles-sœurs Maria** et **Rayane** et mon **Frère Mohammed** pour leurs
tendresses et leurs permanentes présences à mes côtés.

À toute ma **Famille**.

À mes chers **Amis** membres du **Science Experiment Club** et **Meeteng**, avec qui j'ai partagé
des moments précieux tout au long de mon parcours universitaire.

À mon **Ami Abderahmen**, dont le soutien et les conseils ont été inestimables.

À mes chers **Amis** qui ont toujours eu confiance en moi et qui m'ont toujours soutenu
Racha, Radhia, Khaoula, Rayane, Yasmine, Zaki.

À toutes mes **Copines Yousra, Ines, Ismahene, Chaima, Aya, Taouba**.

À toutes les personnes que je porte dans mon cœur.

À ceux qui me connaissent de près ou de loin.

يا قدس يا سيدتي..

معذرة فليس لي يدان وليس لي أسلحة

وليس لي ميدان كل الذي أملكه لسانا

غزة لن تموت... يحميها رب الدار

غزة لن تموت... رغم هذا الحصار

Table des matières

Dédicace

Remerciement

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Table des matières	4
I. Généralités sur la plante <i>Capsicum annuum</i> L.	3
I.1. Description botanique	4
I.1.1. Classification.....	4
I.1.2. Caractéristiques morphologiques	5
I.2. Description systématique.....	7
I.2.1. Nomenclature	7
I.2.2. Ecologie et répartition géographique	7
I.3. Production (dans le monde, en Algérie)	7
I.4. Phytochimie de la plante.....	8
I.5. Propriétés physicochimique.....	13
I.6. Usage traditionnel.....	14
II. Activités biologiques.....	15
II.1. Activité antioxydante	15
II.2. Activité antimicrobienne	16
II.3. Activité antiproliférative	18
III. Utilisation industrielle	20
III.1. L'industrie alimentaire	20
III.1.1. Utilisations modernes	20
III.1.2. Produits sucrés.....	22
III.1.3. Examen des propriétés organoleptique et nutritionnelle	24

III.2. Industrie pharmaceutique	30
III.2.1. Stabilité et conservation des produits pharmaceutiques	30
III.2.2. Applications pharmaceutiques pour les produits de santé.....	30
III.3. Industrie cosmétique	32
III.3.1. conservation des produits cosmétiques	32
III.3.2. Applications cosmétiques pour les produits de beauté.....	32

Références Bibliographiques

Annexes

Résumés

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification scientifique de <i>Capsicum annum</i> L.....	4
Tableau 2 : Éléments nutritifs de <i>C. annum</i> L.	12
Tableau 3 : Teneur en minéraux de <i>C. annum</i> L.....	13
Tableau 4 : Applications des produits dérivés de <i>Capsicum annum</i> L., dans les industries agroalimentaires	20
Tableau 5 : Diverses valeurs de couleur de <i>Capsicum annum</i> L., de deux variétés. Hanbando et Dabotop à différents moments de récolte	26
Tableau 6 : Applications des produits dérivés de <i>Capsicum annum</i> L., dans l'industrie cosmétique et pharmaceutique	34

Liste des figures

Figure 1: Diversité des espèces de <i>Capsicum</i> classé selon la forme, la taille et la couleur des fruits	4
Figure 2 : Plante de <i>Capsicum annuum</i> L.	5
Figure 3 : Fleurs et Feuilles de <i>Capsicum annuum</i> L.....	6
Figure 4 : Fruits de <i>C.annuum</i> L.	7
Figure 5 : Production du piment en Algérie (2005_2014).....	8
Figure 6 : Substances chimiques dérivées de <i>C. annuum</i> L.	9
Figure 7 : Structure des principaux caroténoïdes du <i>C. annuum</i> L.	10
Figure 8 : Structures des principaux composés phénoliques isolés du fruit du poivron <i>C. annuum</i> L.....	11
Figure 9 : Effets du poivre de Cayenne et du poivre vert (A), du persil (B) et de l'aneth (C) sur la numération de <i>Staphylococcus aureus</i> au cours de la fabrication et du stockage du fromage Kareish.....	17
Figure 10 : Effet de l'acide t-cinnamique sur la croissance de <i>Listeria monocytogenes</i> et de <i>Lactobacillus plantarum</i> après 24 h	18
Figure 11 : Activités antiprolifératives de l'extrait de graines de poivre (EGP) contre des lignées de cellules tumorales humaines	19
Figure 12 : Sauce de piment	21
Figure 13 : Présentation des caractéristiques macroscopiques (couleur, aspect) de la confiture de poivrons rouges en trois variantes	22
Figure 14: Représentation des histogrammes des scores hédoniques.....	24

Liste des abréviations

ASTA : l'American Spice Trade Association.

C.annum L. : *Capsicum annum L.*

DPPH: 2,2- diphényle-1-picrylhydrazyl.

E160c : L'extrait de paprika est classé comme additif alimentaire (colorant naturel).

EPS : extrait de graines de piment.

FAO : Organisation fondamentale des agriculture.

HCT116 : cellule humaine de cancer du côlon.

IC50: Concentration Inhibitrice à 50%.

MCF-7 : cellule humaine de cancer du sein.

MKN-45 : cellule humaine de cancer gastrique.

P<0,01: probabilité au seuil de 1%.

P<0,05: probabilité au seuil de 5%.

UHS : Unités de Chaleur Scoville.

Introduction

Introduction

Les fruits et légumes sont reconnus pour leur richesse en composés biologiquement actifs, qui ont démontré des fonctions physiologiques et biochimiques bénéfiques pour la santé humaine. Cette caractéristique a valu aux aliments naturels le statut "d'aliments fonctionnels" au cours des dernières années, étant donné qu'ils répondent aux besoins nutritionnels tout en offrant des avantages physiologiques, notamment la prévention de diverses pathologies importantes. Parmi ces aliments, les fruits se distinguent par leur faible teneur en calories et leur abondance en substances antioxydantes, qui jouent un rôle crucial dans la prévention de maladies telles que le cancer, les maladies cardio-vasculaires, le diabète et les affections liées au vieillissement (**Tundis et al., 2013**).

L'intérêt croissant pour les composés bioactifs présents dans les aliments naturels s'explique par une meilleure compréhension de leurs propriétés chimiques et fonctionnelles, ainsi que par une prise de conscience accrue des avantages pour la santé associés à une alimentation saine. Cette tendance a été renforcée par les avancées dans le domaine de l'instrumentation analytique, qui permettent une caractérisation plus précise des composés alimentaires. Dans ce contexte, les fruits du piment (*Capsicum annuum* L.) et leurs dérivés ont suscité un intérêt particulier, étant identifiés comme une source prometteuse de composés bioactifs aux effets bénéfiques pour la santé (**Baenas et al., 2019**).

Dans le cadre de notre travail relatif aux *Capsicum annuum* L. qui est reconnu pour sa grande variété de composants actifs (**Al-Snafi, 2015**) ; nous sommes intéressés à la valorisation de cette plante qui est très utilisée depuis l'antiquité en phytothérapie, la médecine traditionnelle et dans la cuisine.

Face à cette richesse, notre étude vise à examiner comment ces composants peuvent être exploités dans les industries pharmaceutique, cosmétique et alimentaire.

Notre mémoire est composé de plusieurs chapitres et est organisé de la manière suivante :

- Le premier chapitre de ce mémoire regroupe les informations générales sur la plante de *Capsicum annuum* L..
- Le deuxième chapitre s'intéresse aux principaux composants actifs du piment ainsi que leurs applications dans les industries alimentaire.

- Le troisième et le dernier chapitre consacré également sur les principaux composants actifs du piment, mais cette fois-ci sur leurs applications dans les industries pharmaceutique, cosmétique.

Chapitre I : Généralités

sur la plante

***Capsicum annuum* L.**

I. Généralités sur la plante *Capsicum annum* L.

Les Amérindiens ont commencé à cultiver les piments entre 5200 et 3400 av. J.C., ce qui en fait l'une des plantes cultivées les plus anciennes (**Meghvansi et al., 2010 ; Khan, 2014**).

Le genre *Capsicum*, originaire des régions tropicales d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud, remonte à l'époque précolombienne. Quand Christophe Colomb est arrivé dans l'hémisphère occidental, cinq espèces de *Capsicum* sont couramment cultivées, à savoir *C. annum* L., *C. frutescens* L., *C. chinense*., *C. baccatum*. et *C. pubescens* avaient déjà été domestiquées. Ce qui a donné naissance à une variété variée (**Stommel et Bosland, 2007**) ; Christophe Colomb est responsable de l'introduction de *C. annum* L. en Europe, en Asie et en Afrique, tandis que des commerçants portugais ont joué un rôle essentiel dans son introduction en Europe, au Moyen-Orient et en Asie il y a environ 450 à 500 ans. (**Osuna-García et al., 1998 ; Aydin et al., 2007**).

La diversité au sein du genre *Capsicum* permet une classification des espèces en fonction des caractéristiques des gousses ou des fruits, telles que la forme, la taille, l'âcreté, la saveur et la couleur (**Fig.1**). Bien que présentant d'énormes variations de caractéristiques, les cultivars de piments destinés à la commercialisation cultivés dans le monde entier appartiennent principalement à l'espèce *C. annum*.L (**Olatunji et Afolayan, 2018**) ; En ce moment, *C. annum* se démarque comme la variété de *Capsicum* la plus couramment cultivée dans différentes régions climatiques, telles que les régions tropicales, subtropicales et tempérées d'Asie, d'Afrique, d'Amérique et des pays méditerranéens. (**Stommel et Bosland, 2007**).

C. annum L. est une espèce végétale qui appartient à la famille des *Solanaceae*, Cette espèce se manifestent comme des arbustes pérennes dans les régions tropicales, survivant parfois jusqu'à une décennie, qui présente habituellement deux teintes distinctes, à savoir le rouge et le vert. qui comprend entre 25 et 30 espèces (environ 5 espèces domestiquées et 22 espèces sauvages (**Khan et al., 2014**) ; et sont également cultivées en tant que plantes annuelles et herbacées dans les régions tempérées. Dans des conditions climatiques contrôlées, elles peuvent être cultivées comme plantes vivaces en serre. La variété *C. annum* var. *annuum* peut produire des fruits de diverses couleurs, formes et dimensions, souvent charnus. Certains cultivars génèrent des fruits dépassant les 20 cm de longueur dans les habitats humides (**Silvar et García-González, 2016**).



Figure 1: Diversité des espèces de *Capsicum* classé selon la forme, la taille et la couleur des fruits (Hernández-Pérez *et al.*, 2020).

I.1. Description botanique

I.1.1. Classification

La classification des plantes de la famille des *Solanaceae* est la suivante (Tab. 1).

Tableau 1 : Classification scientifique de *Capsicum annum* L. (Olatunji et Afolayan, 2018).

Règne	<i>Plantae</i>
Division	Angiospermes (<i>Magnoliophyta</i>)
Classe	Dicotylédones vraies (<i>Magnoliopsida</i>)
Sous Classe	Astéridées (<i>Asteridae</i>)
Ordre	Solanales
Famille	<i>Solanaceae</i>
Sous-famille	<i>Solanoideae</i>
Genre	<i>Capsicum</i>
Espèce	<i>C. annum</i>

I.1.2. Caractéristiques morphologiques

Capsicum annum L., se présente sous forme d'une herbe ou un sous-arbrisseau vivaces à vie courte toujours verte et cultivés comme des annuelles, sa taille est petite pouvant atteindre une hauteur de 0,5 à 1,5 mètres et une largeur de 15 à 30 cm, parfois très grand, érigés et très ramifiés, à des racine pivotante robuste, et un grand nombre de racines latérales. Les tiges sont généralement dressées et très ramifiées, souvent tomenteuse, Les branches sont alternes, sans épines et non pas dures et cassantes, avec un diamètre pouvant atteindre 1 cm. Près des points de ramification, la tige est de forme irrégulièrement angulaire à presque triangulaire, et sa couleur varie du vert au brun-vert. De plus, des taches violacées apparaissent fréquemment près des nœuds (**Fig.2**). Les feuilles ovale, oblongue-ovale, ovale-lancéolée ou lame (ensiformes), sont bien alternes, simples et sans poils, elles sont pointues à l'extrémité et leurs bords sont généralement lisses et pétiolées, elles présentent une couleur allant du vert clair au vert foncé et peuvent montrer une certaine variabilité morphologique, mesurant généralement entre 10 cm à 5 cm, à bords cartilagineux et dentées, elles restent sur l'arbre pendant deux années environ (**Fig.3**). Tandis que les fleurs sont petites, portées de manière isolée et terminale, arborent des teintes violettes ou blanches, La fleur a une corolle en forme de cloche qui tourne, présente généralement une teinte blanche, mais elle peut aussi avoir des teintes vertes ou violettes. Elle a entre cinq et sept lobes. Chaque fleur contient cinq à sept étamines avec des anthères allant du bleu clair au violet. Le calice, qui ressemble à une coupe, persistant et s'élargit dans les fruits, avec cinq dents bien visibles. L'ovaire a plusieurs compartiments, le style est mince, blanc ou violet, et le stigmate est rembourré (**Fig.3**) (**De, 2003**).



Figure 2 : Plante de *Capsicum annum* L. (**Msdiane, 2021**).



Fleurs



Feuilles

Figure 3 : Fleurs et Feuilles de *Capsicum annum* L. (Aztekium , 2018 ; Thebeachcomber, 2023).

Baie ou fruit peu charnue très diversifié non pulpeuses, et sa forme et sa taille peuvent varier, allant du conique, ronde ou oblongue, Il peut atteindre jusqu'à 30 cm de long. La surface du fruit peut être lisse ou rugueuse. Sa couleur change également en fonction de l'état de maturité du fruit (vert, jaune, crème, rouge, pourpre, orange) (Fig.4). Les graines, de couleur jaune pâle, sont de forme orbiculaire et aplaties. Elles peuvent aussi être discoïdes ou réniformes. Leur diamètre est de 3 à 4,5 mm et elles se trouvent sur de très gros placentas. Leur épaisseur est d'environ 1 mm (De, 2003) ; Cependant, ces caractéristiques peuvent varier légèrement en fonction des conditions chaudes et humides de croissance et de l'espèce spécifique de *Capsicum annum* L.

- Le *C. annum* var. *aviculare*, l'ancêtre sauvage de la variété cultivée *C. annum* var. *annuum*, produit des fruits de petite taille (rarement plus de 1,0 cm), de couleur rouge, globuleux ou ovoïdes.
- Le *C. chinense*, une espèce cultivée, présente une corolle d'un blanc terne (occasionnellement blanc verdâtre) et donne naissance à des fruits imposants (souvent dépassant 1,5 cm de large et de long), charnus, et de diverses couleurs et formes.
- Le *C. frutescens*, caractérisé par une corolle blanc verdâtre, forme des fruits rouges (parfois oranges), charnus, globuleux ou subconiques, mesurant moins de 2,5 cm de long.
- Le *C. galapagoense*, arborant une corolle blanche teintée légèrement jaune, développe de petits fruits (inférieurs à 1,0 cm), rouges et sphériques.



Figure 4 : Fruits de *C.annuum* L. (Aztekium , 2018 ; Yhuryethcarrera, 2020).

I.2. Description systématique

I.2.1. Nomenclature

Le genre *Capsicum*, également connu sous plusieurs noms universels. En arabe: Fulful, fulful akhdar, fulful baladi, fulful ahmar, fulful halou et fulaifilah halwa. En Amazighe : Ifelfel aqerhan. En anglais : tels que hot pepper, chili pepper, chili, bell pepper et sweet pepper, En Français : Piment annuel, gros piment, piment doux et parfois désignée simplement sous le nom de poivre. En Chinois: Chiao-Tzu, ching chiao. En Italien : Peperone, pepperoncini, pepperoncino (Al-Snafi, 2015).

I.2.2. Ecologie et répartition géographique

Cet arbrisseau est caractéristique de la zone Amérique centrale et du Sud, avec la présence des espèces *Capsicum annum* L., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L., *C. pubescens* L., et *C. chinense* L. (Zimmer *et al.*, 2012 ; Dewitt *et al.*, 1998) ; Ces espèces ont rapidement colonisé les régions subtropicales et demeurent encore aujourd'hui présentes à l'état sauvage. La croissance de cette plante est favorisée dans des climats tropicaux en raison de son exigence en termes de chaleur et d'humidité pour assurer sa survie (Al-Snafi, 2015).

I.3. Production (dans le monde, en Algérie)

Au cours du XXe siècle, la production et la consommation de poivrons ont connu une amélioration progressive et une augmentation mondiale en raison de leur double rôle en tant qu'épices et légumes. Ces plantes, apparentées à d'autres membres de la famille des *Solanacées* comme la pomme de terre et la tomate, sont devenues une composante incontournable de nombreuses cuisines mondiales, avec des cultures étendues observées dans des pays tels que le Mexique, la Chine, l'Inde, les États-Unis, la Corée et l'Afrique (Olatunji et Afolayan, 2018).

Le *Capsicum annuum* L., est actuellement cultivé de manière étendue sur plus de 1,5 million d'hectares dans divers pays, notamment dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées du Mexique, de l'Afrique tropicale, de l'Afrique de l'Est, de l'Europe, du sud des États-Unis, de l'Inde, de la Turquie, de la Chine et du Ghana (**Annexe I**).

Le piment est parmi les cultures les plus anciennement cultivées en Algérie. Selon la **FAO (2015)**, la production du piment en Algérie a connu une importante évolution depuis 2005 passant de 50000 tonnes à 225000 tonnes en 2014 (**Fig.5**) (**Dadamoussa et Sayah, 2020**).

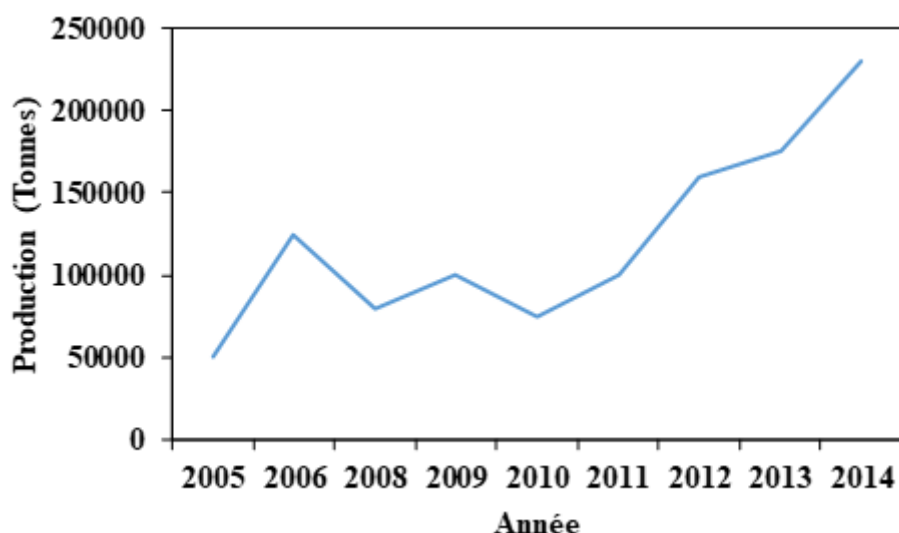


Figure 5: Production du piment en Algérie (2005_2014) (**FAO, 2015 ; Dadamoussa et Sayah, 2020**).

I.4. Phytochimie de la plante

Les fruits de *Capsicum annuum* L., contiennent des capsaïcinoïdes, une famille de composés qui leur confèrent leur goût piquant caractéristique et leur effet dissuasif sur certains herbivores et champignons. Les deux principaux capsaïcinoïdes, la capsaïcine et la dihydrocapsaïcine, sont responsables de 90 % du piquant total des fruits du poivre. Outre la capsaïcine et la dihydrocapsaïcine, il existe au moins neuf capsaïcinoïdes secondaires dans le poivre comme nordihydrocapsaïcine, d'homocapsaïcine, d'homodihydrocapsaïcine et d'autres (**Fig. 6**) (**Al-Snafi, 2015**).

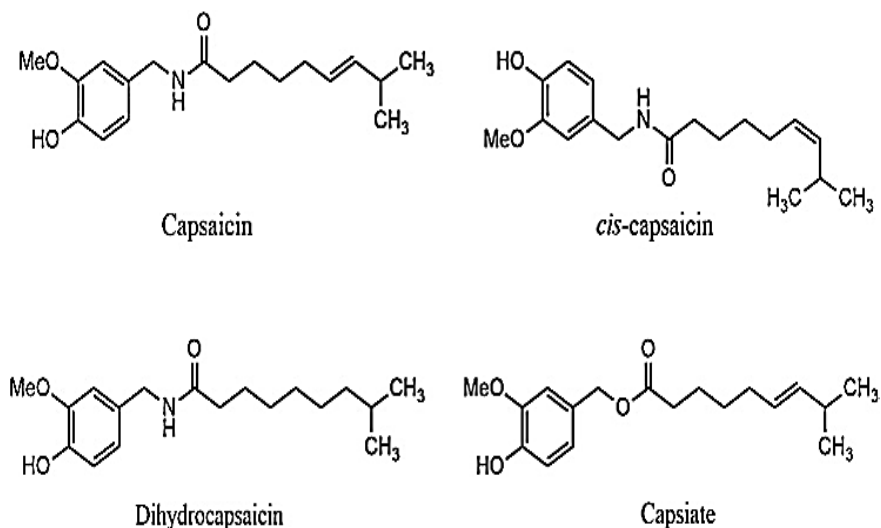


Figure 6: Substances chimiques dérivées de *C. annum L.* (Khan, 2014).

Les graines elles-mêmes ne produisent pas de capsaïcine, bien que la concentration la plus élevée de cette substance se trouve dans la moelle blanche de la paroi interne, là où les graines sont attachées (Srinivasan, 2015).

Les caroténoïdes tels que la capsanthine et la capsorubine avec l'anneau κ comme groupes terminaux ont été précédemment signalés comme étant caractéristiques des espèces de poivron. La capsanthine contribue à 30-70% des caroténoïdes dans la plupart des variétés et des cultivars. Les proportions de capsanthine et de capsorubine augmentent à mesure que les fruits mûrissent. Des proportions significatives de capsanthine-5,6-époxyde, capsanthine-3,6-époxyde, cucurbitaxanthine A, cucurbitaxanthine B, violaxanthine, anthéroxanthine, capsanthone, néoxanthine, lutéine, etc., ont également été rapportées dans le poivron rouge. La couleur rouge du poivron est conférée par les caroténoïdes. (Fig. 7) (Arimboor *et al.*, 2015).

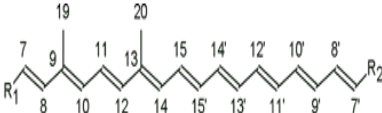

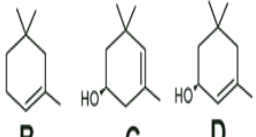
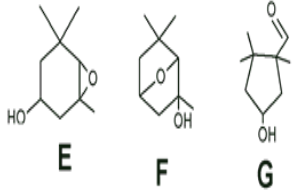
	R1	R2	Caroténoïdes
	A	A	Bêta-carotène
	A	B	Alpha carotène
	C	G	Capsanthine
	E	G	Capsanthine-5,6-époxyde
	F	G	Capsanthine-3,6-époxyde
	A	G	Capsorubine
	A	G	Cryptocapsine
	C	B	Alpha cryptoxanthine
	C	A	Bêta cryptoxanthine
	C	D	Lutéine
	E	C	Anthéroxanthine
	E	E	Violoxanthine
	C	C	Zéaxanthine

Figure 7: Structure des principaux caroténoïdes du *C. annum L.* (Arimboor *et al.*, 2015).

Ces dernières années, les scientifiques se sont concentrés sur l'étude des produits naturels et des activités que leurs composants bioactifs peuvent exercer. Parmi tous les composés étudiés, les polyphénols restent la classe la plus intéressante en raison de leurs propriétés biologiques. Les polyphénols sont les composés bioactifs les plus abondants (Scalbert *et al.*, 2005). Ces composés présentent un large éventail de propriétés bénéfiques, telles que des effets anti-allergiques, anti-athérogènes, anti-inflammatoires, antimicrobiens, antioxydants, anti-thrombotiques, cardioprotecteurs et vasodilatateurs (Petti et Scully, 2009) ; Un apport élevé en polyphénols aurait été associé à une diminution du risque de cancer, de maladies cardiovasculaires et de troubles neurodégénératifs (Mokhtar *et al.*, 2015).

La quantité et la qualité des polyphénols dans les aliments végétaux peuvent varier considérablement en fonction de différents facteurs intrinsèques et extrinsèques, tels que la

génétique et le cultivar de la plante, la composition du sol, les conditions de croissance et l'état de maturité, entre autres (Jeffery *et al.*, 2003).

Le profil polyphénolique des poivrons est complexe et constitué de différents types de composés, tels que les flavonoïdes, les acides hydroxybenzoïques et les stilbènes.

- **Flavonoïdes** : Les flavonoïdes les plus abondants dans les poivrons sont les quercétines, les anthocyanines et les rutines (**Fig. 8**).
- **Acides hydroxycinnamiques** : l'acide caféique, l'acide ferulique, l'acide sinapique et l'acide p-coumarique (**Fig. 8**).
- **Stilbènes** : Le resvératrol est le stilbène le plus présent dans les poivrons (**Fig. 8**) (Carvalho Lemos *et al.*, 2019).

Jusqu'à présent, plusieurs recherches menées sur le Capsicum se sont concentrées sur l'analyse des capsaïcinoïdes, qui sont responsables du piquant du poivre, mais certaines études portant sur le profil polyphénolique des poivrons ont également été rapportées (Mokhtar *et al.*, 2015).

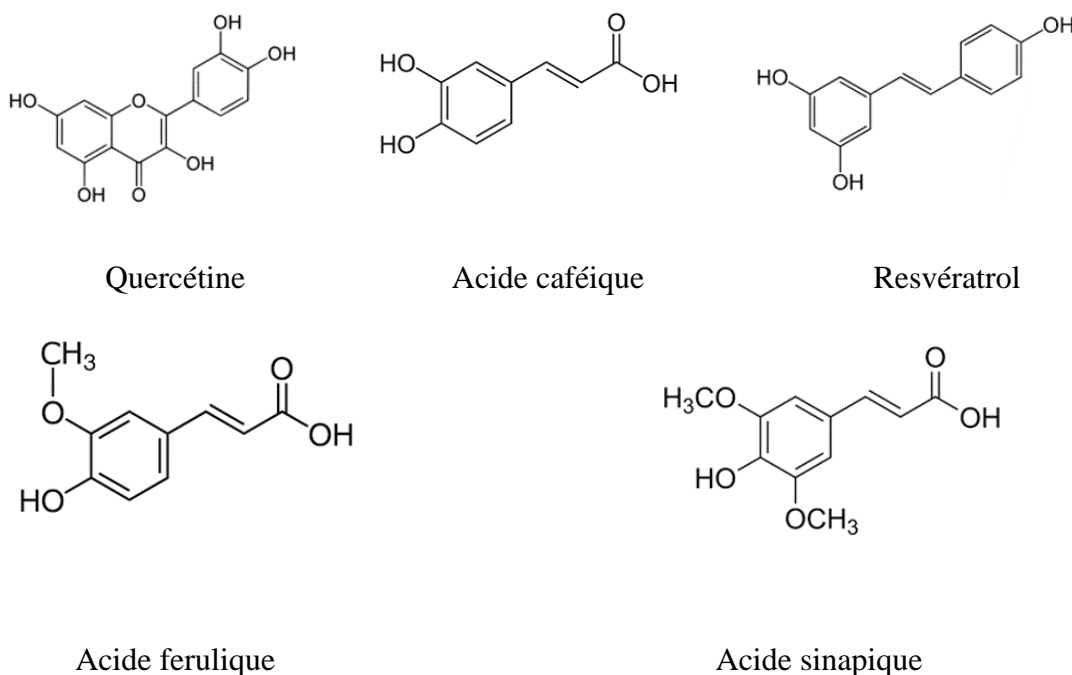


Figure 8 : Structures des principaux composés phénoliques isolés du fruit du poivron *C. annum L.* (Materska et Perucka, 2005).

Capsicum annum se distingue par sa richesse en minéraux essentiels à la santé humaine. Sa composition minérale varie en fonction de la variété, des conditions de croissance et de la maturité du fruit ,Parmi les macrominéraux les plus abondants, on le potassium , le magnésium et le calcium. *C.annuum L.*est également une source appréciable de divers microminéraux, tels que le fer, le zinc, le manganèse, le cuivre (**Tab. 3**).

La consommation régulière de piments peut ainsi contribuer à combler les besoins en minéraux et à promouvoir une bonne santé (**Rubio et al., 2002**).

Tableau 2: Éléments nutritifs de *C. annum L.* (**Durucasu et Tokusoglu , 2007**).

Composition nutritifs	Taux des éléments nutritifs
Cendre	9.75%
fibre brute	18.98%
Matières grasses	13.33%
Protéines totales	18.01%
Sucres totaux	32.89%

Tableau 3: Teneur en minéraux de *C. annum* L. (Al-Snafi, 2015).

Composition minérales	Teneur en minéraux
Minéraux	100g de portion comestible
Co	0.1064mg/100g
Zn	0.42mg/100g
K	5.55mg/100g
Na	4.05mg/100g
Fe	3.5mg/100g
Mn	0.1300mg/100g
Ca	3.05mg/100g
Mg	2.36mg/100g
Cu	0.17mg/100g
Ni	0.060mg/100g

1.5. Propriétés physicochimique

La capsaïcine ($C_{18}H_{27}NO_3$), également connue sous le nom de trans-8-méthyl-N-vanillyl-6-nonenamide, est le produit de la condensation de la vanillylamine (3-hydroxy-4-méthoxybenzylamine) et d'un acide décanoïque (**Fig. 6**). Des variations dans la partie acide de la molécule ont permis d'observer différents degrés d'âcreté des analogues. Il se présente sous la forme de cristaux blancs inodores. Il est légèrement soluble dans le disulfure de carbone, dans l'eau chaude, pratiquement insoluble dans l'eau, librement soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène et le chloroforme. Il est assez résistant aux acides et aux solutions alcalines à température ambiante (Al-Snafi, 2015) ; Il est aussi présente en

grande quantité dans le tissu placentaire (contenant les graines), les membranes internes et dans une moindre mesure, les autres parties charnues des fruits de *C. annum L.*

I.6. Usage traditionnel

Le *Capsicum annum L.*, largement utilisé en médecine traditionnelle, est réputé pour ses vertus stimulantes circulatoires (**Khan, 2014**) ; ainsi que ses capacités à soulager les douleurs dentaires, stimuler les fonctions gastriques, et améliorer la circulation sanguine tout en traitant localement les névralgies et les rhumatismes. Traditionnellement, il est également connu pour atténuer les douleurs utérines associées à l'accouchement par l'intermédiaire de soupes contenant ce fruit (**Sumner, 2000**) ; En outre, il est utilisé dans diverses affections telles que les amygdalites, les maux de gorge, la toux, la rétention d'eau, les rhumatismes, la goutte, les maux de dos, les crampes, les parasitoses, le choléra, les diarrhées, les dyspepsies, les ulcères gastriques, et le reflux gastro-œsophagien (**Sanati et al., 2018 ; Maji et al., 2016 ; Basith et al., 2016**).

Dans les climats tropicaux, sa consommation était courante pour aider à réguler la température corporelle en favorisant la transpiration par la dilatation des vaisseaux sanguins de la peau (**Basith et al., 2016**) ; C'est également un ingrédient incontournable en cuisine et dans l'industrie alimentaire en raison de ses caractéristiques distinctives de saveur, couleur et arôme, notamment pour la production d'oléorésine de paprika utilisée comme colorant dans divers produits cosmétiques et alimentaires en raison de sa haute teneur en caroténoïdes.

Les extraits de piments, connus sous le nom d'oléorésine de capsaïcine, sont intégrés dans la Pharmacopée des États-Unis depuis 1860 et étaient utilisés en Europe au XIXe siècle sous forme de teinture de capsicum, appréciée pour ses propriétés analgésiques et son effet de rubéfaction cutanée (**Szolcsányi, 2014**).

Chapitre II : Activités biologiques

II. Activités biologiques

II.1. Activité antioxydante

Récemment, plusieurs études révèlent que *Capsicum annuum* L. à une activité antioxydante puissante.

Loizzo et ses collaborateurs en (2015) ont étudié l'activité antioxydante des cultivars de piments frais, bouillis et congelés appartenant à quatre espèces de *Capsicum* (*Capsicum annuum*, *C. baccatum*, *C. chacoense* et *C. chinense*) par l'activité de piégeage des radicaux 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) et ont conclu que les cultivars de *C. annuum* ont la plus grande activité antioxydante, ce qui s'explique par leur teneur plus élevée en phénols et en capsaïcinoïdes. dans une autre étude, les composés antioxydants et leur activité antioxydante dans 4 poivrons de cloche douce (*C. annuum* L.) de différentes couleurs (vert, jaune, orange et rouge) ont été étudiés par **Sun** et ses collaborateurs en (2007). La teneur totale en phénols des poivrons vert, jaune, orange et rouge déterminée par la méthode Folin-Ciocalteu était de 2,4, 3,3, 3,4 et 4,2 μmol d'équivalent de catéchine/g de poids frais, respectivement. Le poivre rouge avait une teneur en phénols significativement plus élevée que le poivre vert. Parmi les 4 poivrons de couleur différente, le poivre rouge contenait un taux plus élevé de β -carotène (5,4 $\mu\text{g/g}$), de capsantine (8,0 $\mu\text{g/g}$), de quercétine (34,0 $\mu\text{g/g}$) et de lutéoline (11,0 $\mu\text{g/g}$). Le poivre jaune avait la plus faible teneur en β -carotène (0,2 $\mu\text{g/g}$), tandis que le vert avait une capsantine indétectable et la plus basse teneur en lutéoline (2,0 $\mu\text{g/g}$). Les capacités d'excrétion des radicaux libres des poivrons déterminées par la méthode de DPPH étaient les plus faibles pour le poivre vert (2,1 μmol équivalent Trolox/g), mais pas significativement différentes des 3 autres poivres. Tous les 4 poivrons colorés ont montré des capacités significatives pour empêcher l'oxydation du cholestérol ou de l'acide docosahexaénoïque (DHA) (C22 :6) pendant le chauffage. Cependant, ces 4 poivrons n'ont pas montré de différences significatives dans leurs capacités à prévenir l'oxydation du cholestérol. Le poivre vert a montré une capacité légèrement plus élevée pour prévenir l'oxydation du DHA par rapport aux 3 autres poivrons.

II.2. **Activité antimicrobienne**

Selon les recherches de **Wahba** et ses collaborateurs en 2010 , qui démontrent Les extraits éthanoliques de poivre de Cayenne et de poivre vert appliqués au lait de taureau pendant la fabrication du fromage égyptien Kareish ont montré une activité antimicrobienne contre la microflore

naturelle, les coliformes, les moisissures et le *Staphylococcus aureus*, étant fortement acceptés par les consommateurs aux concentrations de 1 % (p/v) pour le poivre de Cayenne et de 3 à 6 % (p/v) pour le poivre vert. Par conséquent, les produits dérivés du poivre peuvent contribuer au développement de nouveaux ingrédients sûrs, qui pourraient être utilisés comme agents antimicrobiens pour la conservation des aliments et pour contrôler les pathogènes d'origine alimentaire dans les aliments et la détérioration des produits, en évitant l'utilisation d'autres conservateurs synthétiques, tels que le nitrite, le benzoate de sodium ou le métabisulfite de sodium, qui ont été occasionnellement liés à des réactions allergiques et à la formation potentielle de nitrosamines.

Le poivre de Cayenne et le poivre vert ont eu l'activité la plus élevée contre *S. aureus*, suivis par l'aneth et le persil. La CMI du poivre de Cayenne et du poivre vert était de 0,2 %, tandis que celles du persil et de l'aneth étaient respectivement de 0,78 % et de 0,39 %. Le poivre de Cayenne et le poivre vert ont réduit le nombre de *S. aureus* à des niveaux indétectables ($p < 0,01$) au cours des 2 premiers jours de stockage du fromage (**Fig.9A**). La numération de *S. aureus* a été réduite par l'ajout de persil et d'aneth au cours des deux premiers jours, et cet effet est apparu relativement constant tout au long de la période de stockage (**Fig.9B, C**). Six pour cent et 9 % de persil ont eu un effet significatif sur la numération de *S. aureus* ($p < 0,01$). Cependant, une légère baisse du nombre de *S. aureus* a été observée dans les fromages non traités (échantillons de contrôle) vers la fin du 15ème jour de stockage (**Fig.9A, C**) (**Wahba et al., 2010**).

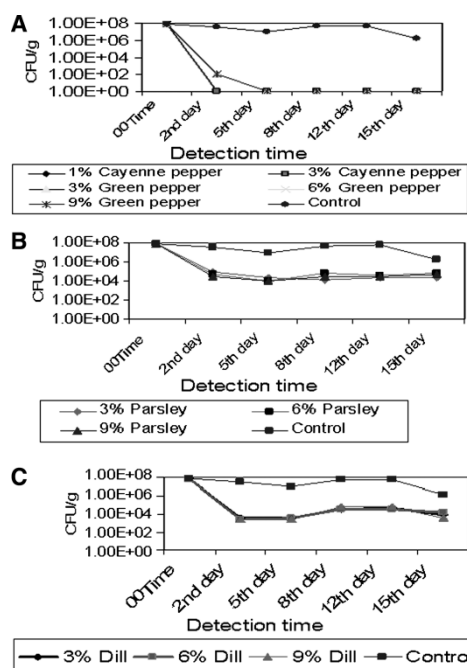


Figure 9 : Effets du poivre de Cayenne et du poivre vert (A), du persil (B) et de l'aneth (C) sur la numération de *Staphylococcus aureus* au cours de la fabrication et du stockage du fromage Kareish (Wahba *et al.*, 2010).

L'étude de **Dorantes** et ses collègues en (2008) montré que toutes les combinaisons de PH et d'extrait de *C. annuum* L ont un effet antimicrobien, la plus efficace étant la combinaison de PH 5 et de 5% d'extrait de *C. annuum* L, montrant un effet bactériostatique contre *Staphylococcus aureus* dans le fromage frais .Ces résultats sont probablement dus à l'action inhibitrice des composés actifs qui comprennent le t-cinnamique et l'extrait de *C. annuum* L, ainsi qu'à l'effet inhibiteur de l'extrait.

Ces résultats suggèrent que l'extrait de poivron peut être utilisé pour inhiber *Listeria monocytogenes*, sans affecter la croissance des bactéries lactiques bénéfiques. L'un des composés actifs (l'acide t-cinnamique) trouvé dans les extraits de poivron affecte de manière différente la croissance de la bactérie pathogène et celle de la bactérie bénéfique.

L'acide s'est avéré avoir une forte action inhibitrice contre *L. monocytogenes*, comme le montre (**Fig. 10**) La population bactérienne a diminué de manière directement

proportionnelle à la concentration du composé actif (Dorantes *et al.*, 2008) .

Cette recherche indique que aucune inhibition de la croissance de *Lb. plantarum* par l'acide t-cinnamique n'a été constatée. Ceci est très important, car il soutient l'idée d'utiliser ce composé actif dans la conservation des produits laitiers, sans inhibition des bactéries bénéfiques telles que *L. plantarum*. Parmi les acides cinnamiques, l'acide t-cinnamique est celui qui présente la toxicité la plus faible, avec une dose journalière admissible de 1,25 mg/kg, et il a été approuvé pour un usage alimentaire par la FDA (2003) (Dorantes *et al.*, 2008) .

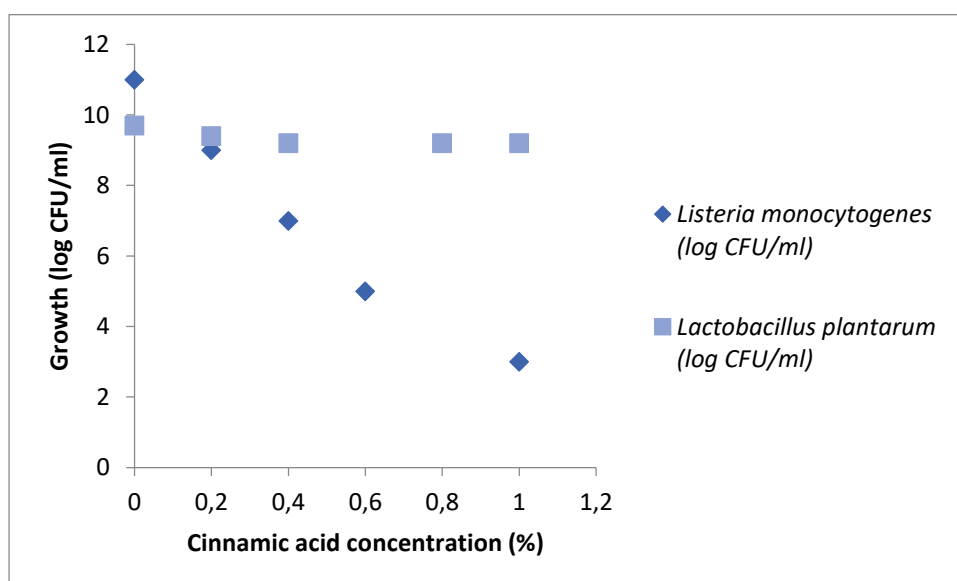


Figure 10 : Effet de l'acide t-cinnamique sur la croissance de *Listeria monocytogenes* et de *Lactobacillus plantarum* après 24 h (Dorantes *et al.*, 2008) .

II.3. Activité antiproliférative

Selon les études de Jeon et ses collaborateurs en (2012) on a évalué l'activité antiproliférative d'un extrait méthanolique de graines de piment (*Capsicum annuum* L.) (extrait de graines de piment [EGP]) comme nouvelle source d'agents anticancéreux et comme matière fonctionnelle provenant de déchets agricoles. La croissance des cellules tumorales (cellules du sein (MCF7), du côlon (HCT116) et de l'estomac (MKN45) a été inhibée après traitement avec différentes concentrations (10-500 mg/mL) de PSE (Fig. 11). et l'activité inhibitrice était dépendante de la dose. Bien que l' EGP à une concentration de 500 mg/mL semble présenter une plus grande activité antiproliférative dans les trois lignées cellulaires tumorales (MCF7, 73,5 % ; HCT116, 96,8 % ; MKN45, 80,0 %), les

cellules MCF7 semblent être plus sensibles que les autres lignées cellulaires à l'inhibition de la croissance par l' EGP à une concentration de 50 mg/mL (69,8 %). En conclusion, l'extrait de graines de poivre a montré de profonds effets antiprolifératifs sur les cellules tumorales, même à faible concentration (50 mg/mL). Des recherches supplémentaires sur l'isolement, l'identification et la caractérisation des composés unidentifieds dans les graines de piment sont nécessaires pour comprendre ce phénomène (Jeon *et al.*, 2012).

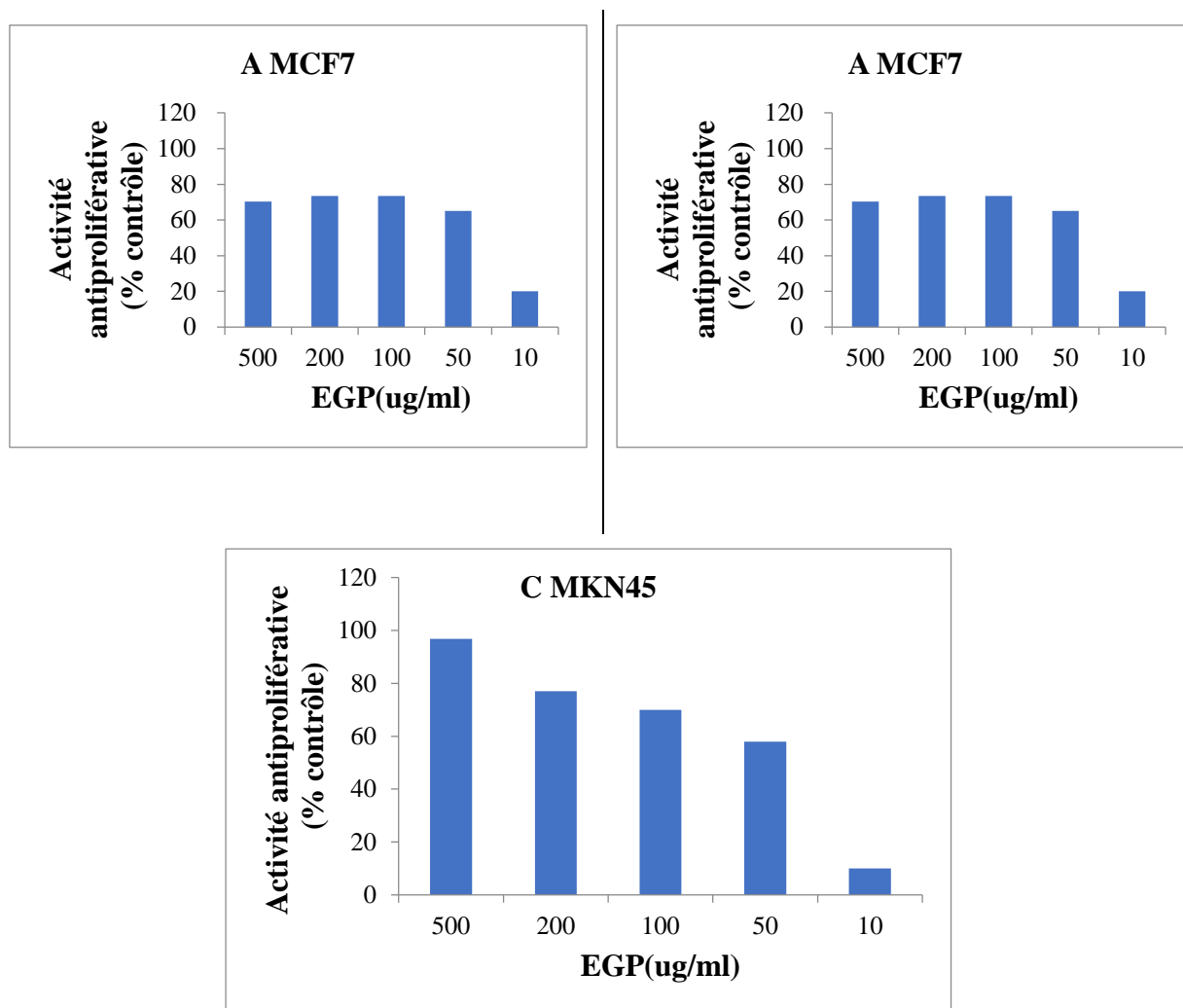


Figure 11 : Activités antiprolifératives de l'extrait de graines de poivre (EGP) contre des lignées de cellules tumorales humaines (Jeon *et al.*, 2012).

Chapitre III: Utilisation industrielle

III. Utilisation industrielle

III.1. L'industrie alimentaire

III.1.1. Utilisations modernes

Le poivre moulu (paprika) et les oléorésines sont des ingrédients essentiels dans l'industrie agroalimentaire (**Tab. 4**), offrant non seulement des avantages nutritionnels mais également des qualités sensorielles appréciées. Ils sont largement utilisés pour apporter couleur et saveur à une variété de produits, allant des ragoûts aux confiseries, les fromages, les vinaigrettes, les pizzas, les soupes, les sauces ,les snacks et les bonbons , en passant par les saucisses et les boissons (**Buckenhüskes, 2003**).

Tableau 4: Applications des produits dérivés de *Capsicum annum* L., dans les industries agroalimentaires (**Baenas et al., 2019**).

Type	Source	Composés bioactifs	Propriétés et utilisations intéressantes	Utilisations potentielles	Références
Paprika en poudre	Paprika piquant	Caroténoïdes et capsïcinoïdes	Coloration et aromatisation des produits alimentaires et des plats	Industrie agro-alimentaire	(Tepic et al., 2008)
Paprika en poudre	Poivron rouge	Caroténoïdes et capsïcinoïdes	Stabilité de la coloration dans les produits à base de viande, les soupes, les sauces et les snacks	Industrie agro-alimentaire	(Fernández-López et al., 2002; Pruthi, 2004)
Oléorésine de paprika	Paprika doux, paprika piquant	Caroténoïdes et capsïcinoïdes	Amélioration des propriétés sensorielles des produits alimentaires	Industrie agro-alimentaire	(Tepic et al., 2008; Uquiche et al., 2004)
Farine de poivre	Poivre jaune	Carotenoids	Source d'antioxydants et d'amélioration des propriétés sensorielles du pain de blé	Industrie agro-alimentaire	(Danza et al., 2014)
Oléorésine de paprika en nanoparticule	Paprika doux	Carotenoids	Amélioration des propriétés physiques et sensorielles du poulet mariné cuit	Industrie agro-alimentaire	(Yusop et al., 2012)
Extraction De poivre à l'isopropanol	Piment entier	Capsïcinoïdes	Agent antimicrobien contre <i>S. typhimurium</i> et <i>P. aeruginosa</i> dans la viande de bœuf crue en combinaison avec le chlorure de sodium	Industrie agro-alimentaire	(Careaga et al., 2003)

La production de poivrons génère également des sous-produits non commercialisables, tels que les pelures, les pédoncules, les graines et la chair non utilisée, issus des différentes étapes de transformation industrielle, qui représentent une part significative de la récolte (entre 5 et 30%). Ces sous-produits, souvent jetés, contiennent pourtant une richesse de nutriments et de métabolites secondaires aux propriétés fonctionnelles intéressantes. Leur valorisation pourrait donc contribuer à une approche plus durable et circulaire dans l'industrie agroalimentaire, conformément aux principes de l'économie circulaire et de la réduction des déchets (**Baenas et al., 2019**).

En effet, l'extraction et l'utilisation de ces composés naturels issus des sous-produits du poivron offrent des alternatives prometteuses aux additifs synthétiques et chimiques utilisés actuellement. Ces ingrédients fonctionnels pourraient trouver une multitude d'applications dans divers secteurs industriels comme le secteur agroalimentaire, La valorisation des sous-produits du poivre peut générer des revenus supplémentaires pour les producteurs (**Baenas et al., 2019**).

Par ailleurs, outre leurs utilisations traditionnelles, les caractéristiques antimicrobiennes et antioxydantes des poivrons sont de plus en plus prises en compte dans l'industrie alimentaire (**Baenas et al., 2019**). En particulier, les poivrons séchés sont privilégiés comme colorants naturels, offrant une alternative perçue comme plus sûre et plus saine par les consommateurs (**Iancu et al., 2015**). Une variété de sauces, extraits et purées de piment, renfermant une forte teneur en capsaïcine, sont disponibles sur le marché (**Fig. 12**), notamment grâce à des entreprises telles qu'Ashley Food Company disponible sur leur site web (<https://www.ashleyfoodcompany.com/>) (**Baenas et al., 2019**).



Figure 12: Sauce de piment (**Baenas et al., 2019**).

III.1.2. Produits sucrés

D'après les études d'Iancu *et al.* (2015), qui illustrent le nouveau produit obtenu à partir du poivron sera appelé « confiture » conformément aux exigences internationales. Il est donc défini comme un produit fabriqué à partir de fruits sucrés. Cette étude se concentrera sur un produit à base de légumes sucrés, à savoir les poivrons rouges, il s'agit en fait d'un fruit (**Fig.13**).

La confiture est l'un des aliments les plus connus en raison de son faible coût, de sa validité et de la conservation de ses propriétés organoleptiques pendant une période relativement longue (1 an). Il existe aussi des producteurs créatifs culinaires qui font des confitures d'aubergines aux clous de girofle, de piment rouge aux tomates mûres, d'oignons rouges, de potiron au nerprun, de betteraves rouges, d'aubergines aux noix, de concombres à l'ananas et au sésame, d'olives à l'orange, de tomates vertes aux noix, de céleri aux pommes, la confiture de piment restant la préférée (Iancu *et al.*, 2015).

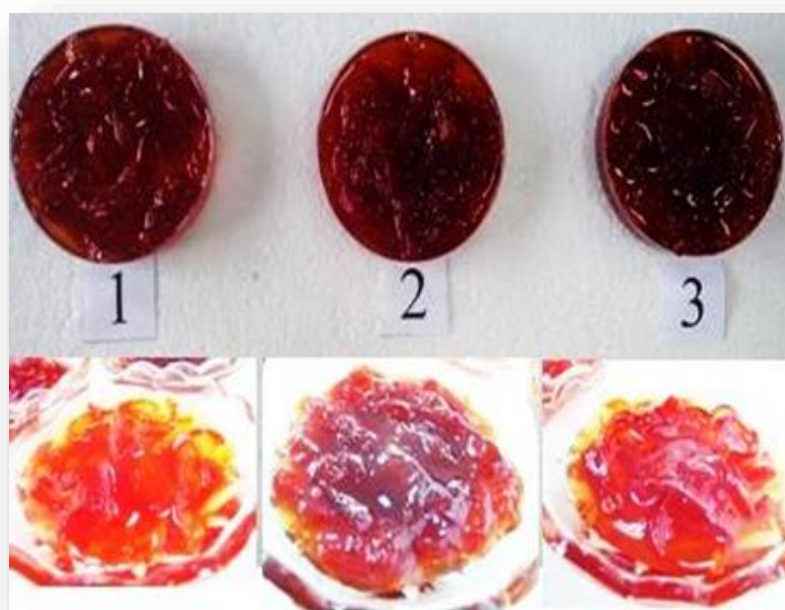


Figure 13: Présentation des caractéristiques macroscopiques (couleur, aspect) de la confiture de poivrons rouges en trois variantes (Iancu *et al.*, 2015).

1. **J1** à partir de poivrons crus
2. **J2** à partir de poivrons grillés
3. **J3** à partir de poivrons au vinaigre

De nombreux indicateurs physiques et chimiques n'éliminent pas le comportement du consommateur à l'égard d'une denrée alimentaire donnée. Il existe des facteurs conscients et inconscients qui contrôlent ce comportement (**Fig. 14**). La quantification des choix potentiels des consommateurs a été effectuée à l'aide de questionnaires. Il en résulte que l'échantillon J1 (confiture de poivrons rouges frais) est préféré par les consommateurs, obtenant un score de 20,67 points. En comparaison, l'échantillon J2 (confiture de poivrons rouges grillés) a obtenu un score total de 7,5 points et J3 (confiture de poivrons rouges au vinaigre) 15,3 points. Le consommateur a particulièrement apprécié, outre l'odeur, le goût et l'apparence, la couleur et la consistance du produit. Les produits J2 et J3 ont été appréciés avec un score élevé pour la couleur (3,8 et 3,4 respectivement), l'aspect (3,9 et 3,18 respectivement) et la consistance (3,75 et 3,25 respectivement). Parce que ce produit est 100% naturel, et ne contient pas d'additifs, de colorants, la conservation ou l'amélioration de la qualité de ses résultats doit être considérée comme un avantage du produit qui a ravi le consommateur. En raison de l'appréciation des deux autres caractéristiques (goût, odeur), l'ordre de classement décroissant des confitures selon la préférence des consommateurs a été le suivant : confiture de poivrons crus, confiture de poivrons grillés et confiture de poivrons conservés dans du vinaigre (**Iancu et al., 2015**).

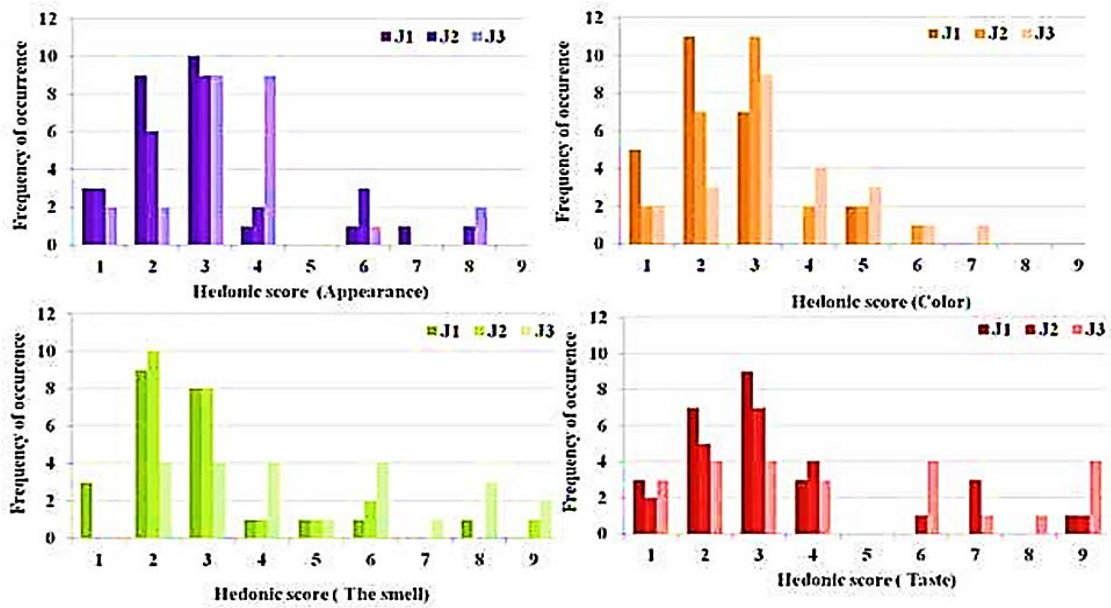


Figure 14: Représentation des histogrammes des scores hédoniques (Iancu *et al.*, 2015).

1-Aimer extrêmement, 2-Aimer beaucoup, 3-Aimer modérément, 4-Aimer légèrement, 5-N'aimer ni n'aimer pas. 6-Aimer légèrement, 7-Aimer modérément, 8-Aimer beaucoup. 9-Aimer extrêmement. pour les caractéristiques sensorielles de la confiture de poivrons rouges frais (1. J1), de la confiture de poivrons rouges rôtis (2. J2) et de la confiture de poivrons rouges au vinaigre (3. J3).

III.1.3. Examen des propriétés organoleptique et nutritionnelle

III.1.3.1. Propriétés organoleptiques

III.1.3.1.1. Couleur

La couleur des poivrons est attribuée à une gamme complexe de caroténoïdes, avec plus de 50 structures identifiées. La teneur en caroténoïdes dans les rapports varie de 0,1 à 3,2 (g/100 g de poids sec). Les variations de composition conduisent à des différences marquées dans les couleurs le jaune ou orange qui provient du β -carotène, de la zéaxanthine, de la violaxanthine et de la β -cryptoxanthine. La plupart des xanthophylles du poivre rouge se présentent sous forme d'esters avec les acides gras C12, C14 et C18, alors que les extraits de poivre vert comprennent principalement des caroténoïdes libres (Arimboor *et al.*, 2015).

L'extrait de paprika (E160c) est classé comme additif alimentaire (colorant naturel) dans l'UE. Le principal attribut de qualité de cet ingrédient est l'intensité de sa couleur rouge, qui influence à la fois l'acceptation du consommateur et la valeur commerciale. Les pigments rouges capsanthine et capsorubine, tous considérés comme exclusifs au genre *Capsicum*, représentent les principaux pigments qui déterminent la couleur du poivron rouge. Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de la couleur du paprika, basées sur la mesure de la couleur de surface, l'extraction des pigments et le profilage des caroténoïdes (**Baenas et al., 2019**). Selon l'American Spice Trade Association (ASTA), l'extraction de la couleur rouge est considérée comme le principal indicateur de qualité pour évaluer la coloration des oléorésines de paprika (**Avalos de la Cruz, 2007**) ; Dans le commerce international, le paprika est classé en différentes catégories de qualité en fonction du nombre d'unités ASTA par poids sec de paprika (**Baenas et al., 2019**).

La couleur intense du paprika, obtenue grâce aux pigments capsanthine et capsorubine, est un attribut de qualité essentiel qui influence l'acceptation des consommateurs et la valeur commerciale de ce colorant naturel. Ces pigments, exclusifs au genre *Capsicum*, déterminent la couleur rouge caractéristique du poivron. Selon l'American Spice Trade Association (ASTA) l'évaluation de la qualité du paprika repose sur diverses méthodes, telles que la mesure de la couleur de surface et l'extraction des pigments, et le profilage des caroténoïdes (**Matsufuji et al., 2007 ; Tepic et al., 2008**). avec l'extraction de la couleur rouge considérée comme un indicateur de qualité pour évaluer la coloration des oléorésines de paprika (**Avalos de la Cruz, 2007**) ; Dans le commerce international, le paprika est classé en différentes catégories de qualité en fonction du nombre d'unités ASTA par poids sec de paprika (**Baenas et al., 2019**).

Les différentes variétés de poivrons, des douces aux piquantes, présentent une diversité de formes, de tailles et de couleurs. Cette variation est due à des stades de maturation distincts et à des capacités de synthèse des pigments comme les caroténoïdes et les chlorophylles. Ces caractéristiques influencent non seulement l'apparence des poivrons mais aussi leurs qualités sensorielles et nutritionnelles (**Baenas et al., 2019**).

Tableau 5: Diverses valeurs de couleur de *Capsicum annuum* L., de deux variétés. *Hanbando* et *Dabotop* à différents moments de récolte (Kim *et al.*, 2008).

Varieties	Récolte	Valeur de couleur ASTA	R/V	L* ^a	a* ^b	B* ^c	C* ^d	Hue° ^{ab} ^e	ΔE* ^f ^{ab}
<i>Hanbando</i>	Deuxième	114 ^c	0.9941 ^b	36.57	34.62	32.96	47.80	43.59	
	Troisième	152 ^b	0.9987 ^a	35.06	34.64	32.10	47.23	42.82	1.74
	Quatrième	178 ^a	0.9960 ^{ab}	38.68	39.29	37.17	56.19	43.41	7.77
<i>Dabotop</i>	Deuxième	115 ^b	1.0200 ^a	36.84	38.95	38.65	54.87	44.78	
	Troisième	137 ^a	0.9830 ^c	36.16	36.78	35.22	50.92	43.76	4.12
	Quatrième	140 ^a	1.0049 ^b	36.50	36.30	35.29	50.63	44.19	0.59

a : Luminosité.

b : Rouge vs. Vert.

c : Jaune vs. Bleu.

d : Racine carrée de la somme de $(a^*)^2$ et $(b^*)^2$.

e : Angle de teinte, qui était égal à l'arc-tangente $(b^* a^{*-1})$.

f : Degré de différence de couleur mais pas la direction, la racine carrée de la somme de $(\Delta L^*)^2$, $(\Delta a^*)^2$ et $(\Delta b^*)^2$.

- Les lettres différentes dans la même colonne indiquent des différences significatives ($P < 0,05$) par le test de gamme multiple de Duncan.

Les valeurs colorimétriques ASTA des poivrons rouges sont indiquées dans le (Tab.5), plus la récolte est tardive, plus les valeurs colorimétriques ASTA des deux variétés sont élevées, et la valeur colorimétrique ASTA de *Hanbando* était légèrement supérieure à celle de *Dabotop*. Par conséquent, les valeurs colorimétriques ASTA des variétés *Hanbando* et *Dabotop* étaient légèrement supérieures à celles de la poudre de poivre rouge coréenne commerciale. La différence entre les valeurs colorimétriques ASTA pourrait être attribuée aux différences entre les périodes de récolte, à la détérioration de la

qualité lors de la transformation et de la distribution des produits, ainsi qu'aux variétés elles-mêmes. Le degré de destruction de la couleur du poivre rouge en poudre varie en fonction du type de matériaux d'emballage et de la température de stockage (**Kim et al., 2008**).

Le rapport R/V des produits à base de poivre rouge ou de paprika utilisés dans le commerce varie de 0,96 (jaune-orange) à 1,01 (rouge-orange). Les ratios R/V à *Hanbando* étaient inférieurs à 1,0 à toutes les périodes de récolte ($P < 0,05$), et ceux de *Dabotop* étaient supérieurs à 1,0 aux deuxième et quatrième récoltes ($P < 0,001$). Cela signifie que *Dabotop* était plus rouge que *Hanbando*. C^* signifie la saturation de la couleur, et l'augmentation de $h^{\circ}ab$ indique une augmentation relative du jaune. ΔE^*ab indique le degré de différence de couleur entre deux échantillons. Une valeur ΔE^* comprise entre 0 et 0,5 signifie une différence de couleur imperceptible entre deux échantillons, 0,5 à 1,5 une légère différence, 1,5 à 3,0 une différence à peine perceptible, 1,5-3,0 une différence à peine perceptible, 3,0-6,0 une différence marquée, 6,0-12,0 une différence extrêmement marquée et au-delà de 12,0 une couleur d'une nuance différente (**Kim et al., 2008**).

Les valeurs a^* et b^* sont indiquées dans le (**Tab.5**). La rougeur et la jaunisse ont augmenté à la quatrième récolte, mais étaient similaires aux deuxième et troisième récoltes à *Hanbando*. La valeur C^* était de 56,19 à la quatrième récolte, alors qu'elle était de 47,80 à la deuxième et de 47,23 à la troisième récolte. Cela signifie que la couleur du poivron rouge est plus vive lors de la troisième récolte. Le ΔE^*a^*b entre la troisième et la quatrième récolte était de 7,77, alors qu'il était de 1,74 entre la deuxième et la troisième récolte, ce qui représente un changement substantiel, et la couleur de la variété *Hanbando* a été fortement modifiée par la quatrième récolte. Cependant, la rougeur et la jaunisse étaient les plus fortes lors de la deuxième récolte à *Dabotop*, et la vivacité de la couleur du poivron rouge ($C^* = 54,87$) était la plus forte lors de la deuxième récolte. Le ΔE^*a^*b entre la deuxième et la troisième récolte était de 4,12, alors qu'il était de 0,59 entre la troisième et la quatrième récolte, ce qui constituait une différence à peine perceptible. La valeur de la teinte était inférieure à 45 à toutes les périodes de récolte pour les deux variétés, ce qui indique que la force de la rougeur était plus importante que la force de la jaunisse. En comparant les deux variétés, la rougeur la plus vive du *Hanbando* a été observée à la quatrième récolte, tandis que celle du *Dabotop* l'a été à la deuxième récolte. Cela signifie que le meilleur moment pour la récolte diffère entre les variétés et que cette différence peut influencer la qualité du poivron rouge.

Dans cette étude, Les valeurs colorimétriques ASTA sont utiles pour l'utilisation commerciale car elles présentent les teneurs totales en pigments avec une précision scientifique acceptable. La valeur C* permet de mesurer la saturation de la couleur rouge dans la poudre de poivron rouge, et la détermination de la teinte et l'angle de la teinte permettent de mesurer le rouge et le jaune. La valeur ΔE_{a^*b} est utile pour mesurer les différences de couleur entre les variétés et pendant les changements de qualité au cours de la transformation et du stockage. Ces résultats pourraient être utilisés pour le développement de technologies connexes telles que la sélection, la récolte et la transformation des poivrons rouges, ainsi que pour le développement de techniques analytiques. En outre, cette recherche devrait contribuer à l'amélioration de la qualité commerciale et nutritionnelle des produits à base de poivrons rouges (**Kim et al., 2008**).

III.1.3.1.2. Arôme

L'arôme distinctif des piments est largement attribuable aux gouttelettes d'huile essentielle présentes dans les cellules du mésocarpe, dont la concentration augmente pendant la maturation. Cette huile contient principalement des méthoxypyrazines, des alcools aliphatiques et des esters, contribuant à des arômes fruités et floraux. Parmi ces composants, le 2-méthoxy-3 isobutylpyrazine est particulièrement significatif pour son seuil d'odeur bas, détectable même à des concentrations extrêmement faibles de 2 parties dans 10¹² dans l'eau. Cependant, les variations de composition de cette huile entre les espèces de *Capsicum* restent peu connues (**Avalos de la Cruz, 2007**).

III.1.3.1.3. Caractère brûlant

Caractère brûlant des piments est un autre paramètre de qualité crucial, évalué par des tests organoleptiques tels que les unités de chaleur de Scoville (UHS) ou, plus récemment, l'American Spice Trade Association (ASTA) a établi une échelle universelle basée sur la concentration de capsuline. Cette sensation de brûlure est provoquée par des vanillylamides, principalement la capsaïcine et la dihydrocapsaïcine, présentes dans les piments forts. Ces capsaïcoïdes activent les récepteurs sensibles à la chaleur et sont responsables de la sensation de brûlure caractéristique des piments. La concentration de capsaïcine varie selon la variété des piments, leur origine géographique et les conditions de culture (**Baenas et al., 2019**).

Ces alcaloïdes, responsables du goût piquant et de la sensation de brûlure, ne se retrouvent dans aucune autre famille de plantes. La capsaïcine est l'un des composés les

plus brûlants connus, détectable à des dilutions de 1 partie pour 15 à 17 millions de parties. Bien que des composés similaires existent dans d'autres plantes comme le gingembre (gingérols, paradols, shogaols), le poivre (pipérine) et les moutardes (sinalbine et sinigrine), la capsaïcine est environ 100 fois plus puissante que les composés des deux premières. Les capsaïcinoïdes sont capables d'activer les récepteurs sensibles à la chaleur (**Avalos de la Cruz, 2007**).

III.1.3.1.3.1 Calcul des Unités Scoville du piment

En général, il est établi que 1 ppm de capsaïcinoïdes équivaut à 15 UHS (Unités de Chaleur Scoville). Les Unités de Chaleur Scoville sont généralement utilisées pour indiquer le caractère brûlant des piments. Il existe un seuil moyen de brûlure de 15 millions d'UHS pour l'ensemble des capsaïcinoïdes (**Avalos de la Cruz, 2007**).

III.2. Industrie pharmaceutique

III.2.1. Stabilité et conservation des produits pharmaceutiques

L'industrie pharmaceutique s'oriente de plus en plus vers l'utilisation de composés bioactifs d'origine naturelle comme source de nouveaux médicaments ou comme additifs aux traitements existants. Cette tendance est motivée par la demande croissante des consommateurs pour des produits plus sains et plus respectueux de l'environnement. Ces composés pourraient améliorer les propriétés sanitaires des produits pharmaceutiques, en évitant les allergies de contact causées par les effets secondaires, Elles possèdent des propriétés antioxydantes remarquables. Cette propriété leur permet de réduire l'oxydation des substances actives et des excipients dans les médicaments, améliorant ainsi la stabilité du produit final (**Pieroni et al., 2004**).

La capacité antioxydante de ces composés dépend de leur nature chimique, des étapes de traitement du produit pharmaceutique, de la nature du contenant et de la formulation. En plus de leur rôle dans la stabilisation des médicaments, les composés bioactifs du *Capsicum annuum* L. contribuent également à leurs effets bénéfiques sur la santé humaine. Ainsi, l'utilisation de *C. annuum* L. dans l'industrie pharmaceutique s'avère prometteuse pour développer des médicaments plus stables et plus efficaces, tout en offrant des avantages supplémentaires pour la santé des patients (**Baenas et al., 2019**).

III.2.2. Applications pharmaceutiques pour les produits de santé

Capsaïcine, un composant bioactif majeur du piment, est reconnue pour son efficacité dans le traitement de la douleur chronique, notamment l'arthrose et les douleurs rhumatismales. Des études cliniques ont démontré sa capacité à réduire les nausées post-opératoires, les vomissements et le prurit associé à l'insuffisance rénale et son utilisation dans le traitement de la neuropathie post-zostérienne, une affection douloureuse causée par le virus du zona. (**Baenas et al., 2019**).

capsicum annum L. peut être utilisé pour soulager les douleurs musculaires, telles que les lombalgies, qui sont généralement disponibles sous forme d'emplâtre médicamenteux ou de formes semi-solides à appliquer sur la peau (telles que les crèmes) selon la pharmacopée européenne (**Baenas et al., 2019**).

Dans ce contexte, les études menées par **Raza et al. (2014)** ont mis en évidence le potentiel des supports nano-lipoidaux pour encapsuler la CP (la capsaïcine, un

médicament récemment approuvé par la FDA pour le traitement topique de la douleur neuropathique, est associée à plusieurs effets secondaires tels que l'irritation, la sensation de brûlure et l'érythème, ce qui entraîne une mauvaise observance du traitement par le patient). Les résultats ont démontré le potentiel des nanocarriers à base de phospholipides pour améliorer la réponse pharmacologique du capsaïcine en améliorant sa pénétration dans la peau et sa rétention cutanées, ainsi que les effets analgésiques en réduisant son impact sur l'irritation cutanée par rapport aux crèmes traditionnelles. Par conséquent, la CP dans sa nouvelle version de formulation peut être mieux utilisée dans des conditions spécifiques telles que la neuropathie post-zostérienne (**Raza et al., 2014**) .

capsicum annum, est 4 à 5 fois riche en vitamine C que le citron, des études suggèrent également que la vitamine C présente dans le piment pourrait jouer un rôle dans le traitement de pathologies cutanées telles que l'inflammation et le cancer (**Baenas et al., 2019**).

III.3. Industrie cosmétique

III.3.1. conservation des produits cosmétiques

Potentiel des dérivés du *Capsicum annuum* L. en tant que conservateurs naturels est indéniable, les exemples commerciaux sont rares et leur adoption à grande échelle dans l'industrie cosmétique se heurte encore à certains obstacles. En effet, les conservateurs synthétiques, plus économiques et dotés d'un large spectre d'action contre les micro-organismes, dominent actuellement le marché. De plus, leur compatibilité avec d'autres ingrédients des formulations cosmétiques facilite leur utilisation. Cependant, face à la demande croissante des consommateurs pour des produits naturels et plus respectueux de l'environnement, l'utilisation de conservateurs dérivés du *C. annuum* L. devrait connaître une croissance significative dans les années à venir.

Les propriétés antimicrobiennes et antioxydantes remarquables de ces dérivés en font des alternatives prometteuses aux conservateurs synthétiques. Des recherches approfondies sont nécessaires pour explorer pleinement le potentiel des dérivés du *C. annuum* L. en tant que conservateurs naturels, en optimisant leur formulation et en évaluant leur efficacité et leur innocuité dans différents produits cosmétiques (Baenas et al., 2019).

III.3.2. Applications cosmétiques pour les produits de beauté

Oléorésines et la poudre de paprika sont riches en capsaïcinoïdes et en caroténoïdes, tels que la capsanthine, la lutéine et la zéaxanthine, extraits à l'aide de solvants solubles dans l'huile. Ces composés bioactifs constituent aussi une excellente source de colorants pour l'industrie cosmétique. Selon l'EFSA et la FDA, ces ingrédients naturels ne nécessitent pas d'approbation spécifique de la part de ces organisations. Cependant, ils doivent être sûrs pour les consommateurs dans les conditions d'utilisation étiquetées ou habituelles, les fabricants étant légalement responsables de la sécurité de leurs produits et ingrédients. En ce sens, le paprika est couramment utilisé comme épice, et il n'y a aucune raison de s'attendre à des effets secondaires indésirables liés à son utilisation comme colorant cosmétique, puisqu'il est accepté comme additif alimentaire (EFSA, 2015 ; FDA, 2017b). Quelques exemples d'oléorésine de paprika utilisée comme colorant cosmétique dans les huiles de bain sont disponibles, ainsi que dans les shampooings, les savons, les gels douche et de nombreux produits de beauté, y compris le maquillage des yeux et les rouges à lèvres (Kana-Sop et al., 2015).

Les composés bioactifs dérivés des sous-produits du poivre peuvent également être utilisés comme agents aromatiques ou parfumés dans les produits cosmétiques. Ils peuvent être extraits à l'aide d'hexane, d'éthanol ou d'huile végétale et peuvent être incorporés à des concentrations élevées allant jusqu'à 5 % (p/p) sans aucun effet toxique. L'oléorésine de poivre offre aux fabricants un avantage important par rapport à l'utilisation des huiles essentielles ; cette propriété, appelée lipophilie, permet à ce produit d'être dissous dans les graisses, les huiles et les lipides, alors que les huiles essentielles n'ont pas cette capacité. Aussi ces dérivés du *C. annuum* L. sont actuellement utilisés dans le cadre de cosméceutiques, principalement comme traitements analgésiques, et pourraient également être utilisés comme ingrédients actifs pour les produits cosmétiques (**Tab. 6**), destinés à la guérison des maladies de la peau et les traitements cosmétiques par la méthode la plus courante est l'application topique d'un agent thérapeutique. Elle est utilisée à faible dose plusieurs fois par jour, en fonction de l'état de la peau. L'efficacité d'un agent thérapeutique topique peut être influencée par différents facteurs, tels que les ingrédients actifs, les excipients, les interactions possibles entre les ingrédients, les propriétés galéniques, la préparation, la région affectée et l'état de la peau ou de la muqueuse (**Baenas et al., 2019**).

C. annuum L., est riche en vitamine C, De sorte que la vitamine C est l'un des composés antioxydants les plus puissants que l'on trouve dans le poivre est utilisé dans certains produits cosmétiques pourraient être trouvés avec des allégations de santé contre le vieillissement et l'oxydation, tels que les produits de soins de la peau biologiques et les masques pour le visage (**Telang, 2013**).

L'étude de **Crisan et al. (2015)** montre que la vitamine C appliquée par voie topique est très efficace comme thérapie de rajeunissement, induisant une synthèse significative de collagène dans tous les groupes d'âge avec des effets secondaires minimes.

L'utilisation accrue des ingrédients du *C. annuum* L. sur le marché exige la normalisation des extraits, des poudres et des oléorésines, notamment en ce qui concerne la teneur en capsaïcine pour les applications cosmétiques et les produits bénéfiques pour la santé (**Baenas et al., 2019**).

Tableau 6 : Applications des produits dérivés de *Capsicum annum* L., dans l'industrie cosmétique et pharmaceutique (Baenas *et al.*, 2019).

Type	Source	Composés bioactifs	Propriétés et utilisations intéressantes	Utilisations potentielles	Références
Extraction de poivre à l'isopropanol	Piments frais	Acide cinnamique, acide o-coumarique, acide m-coumarique, acide férulique et acide caféique	Activité antibactérienne contre <i>L. Monocytogenes</i> , <i>B. Cereus</i> , <i>S. Aureus</i> , <i>S. Typhimurium</i> .	Industrie pharmaceutique, cosmétique	(Dorantes, <i>et al.</i> , 2000)
Formulations d'ingrédients pour administration topique	Fruits du <i>Capsicum</i>	Vitamine C et caroténoïdes	Activités antioxydantes et anti-inflammatoires prévenant les dommages oxydatifs de la peau et les dommages causés par les UVA.	Industrie pharmaceutique, cosmétique	(Telang, 2013)
Poudre de poivre et oléorésine	Piments	Capsaïcine	Agent thérapeutique dans les syndromes de douleur chronique et dans les maladies inflammatoires chroniques de la peau	Industrie pharmaceutique	(Căruntu <i>et al.</i> , 2015; Lysy, <i>et al.</i> , 2003)
Poivre en poudre	Poivre de Cayenne	Capsaïcinoïdes	Activités pharmacologiques : modifier les sensations d'appétit en augmentant la satiété.	Industrie pharmaceutique	(Andersen, <i>et al.</i> , 2017)
Extractions de poivre au méthanol	Piment doux	Polyphénols et caroténoïdes	Activité antibactérienne contre <i>B. cereus</i> et <i>E. Coli</i> et activité antifongique contre <i>P. expansum</i>	Industrie pharmaceutique	(Nazzaro, <i>et al.</i> , 2009)

Conclusion

Conclusion

Aujourd'hui, Le potentiel des produits dérivés du *Capsicum*, tels que l'oléorésine, la poudre de paprika, les extraits purifiés, et les fractions enrichies en caroténoïdes et/ou en capsaïcine, continue d'être exploré pour leur utilisation dans diverses industries telles que l'alimentaire, la pharmaceutique et la cosmétique. Cependant, pour tirer pleinement parti de ces composés, il est impératif de normaliser leur qualité en termes de couleur, d'arôme, d'âcreté et d'activité biologique .

La présente étude a montré que le marché en plein essor des ingrédients fonctionnels et des produits pharmaceutiques naturels répond à une demande croissante pour l'utilisation de composés végétaux naturels en tant qu'alternatives aux conservateurs et aux pigments synthétiques dans les industries alimentaires et pharmaceutiques. Ces composés naturels, tels que ceux dérivés du *Capsicum*, offrent des avantages non seulement en améliorant les paramètres organoleptiques et la durée de conservation des produits finaux, mais également en contribuant au bien-être général lorsqu'ils sont intégrés dans des régimes alimentaires équilibrés. Le développement de méthodologies respectueuses de l'environnement et économiquement viables est essentiel pour répondre à cette demande, tout en réduisant l'impact sur l'environnement et en offrant des avantages économiques aux producteurs et à l'industrie .

Références bibliographiques

- Al-Snafi, A. E. (2015).** The pharmacological importance of *Capsicum* species (*Capsicum annuum* and *Capsicum frutescens*) grown in Iraq. *Journal of Pharmaceutical Biology*, **5(3)**, 124-142.
- Andersen, B. V., Byrne, D. V., Bredie, W. L. P., & Møller, P. (2017).** Cayenne pepper in a meal: Effect of oral heat on feelings of appetite, sensory specific desires and wellbeing. *Food Quality and Preference*, **60**, 1-8.
- Arimboor, R., Natarajan, R. B., Menon, K. R., Chandrasekhar, L. P., & Moorkoth, V. (2015).** Red pepper (*Capsicum annuum*) carotenoids as a source of natural food colors: analysis and stability—a review. *Journal of food science and technology*, **52(3)**, 1258-1271.
- Avalos de la Cruz, D. A. (2007).** Faisabilité de la production au Mexique de fromages de chèvre additionnés de piment: aspects technologiques, sensoriels, sanitaires et économiques (Doctoral dissertation, Vandoeuvres-les-Nancy, INPL).
- Aydin, A., Erkan, M. E., Başkaya, R., & Ciftcioglu, G. (2007).** Determination of aflatoxin B1 levels in powdered red pepper. *Food control*, **18(9)**, 1015-1018.
- Baenas, N., Belović, M., Ilic, N., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2019).** Industrial use of pepper (*Capsicum annuum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages. *Food chemistry*, **274**, 872-885.
- Basith, S., Cui, M., Hong, S., & Choi, S. (2016).** Harnessing the therapeutic potential of *capsaicin* and its analogues in pain and other diseases. *Molecules*, **21(8)**, 966.
- Buckenhüskes, H. J. (2003).** Current requirements on paprika powder for food industry. In *Capsicum* (pp. 243-250). CRC Press.
- Careaga, M., Fernandez, E., Dorantes, L., Mota, L., Jaramillo, M. E., & Hernandez-Sanchez, H. (2003).** Antibacterial activity of *Capsicum* extract against *Salmonella typhimurium* and *Pseudomonas aeruginosa* inoculated in raw beef meat. *International Journal of Food Microbiology*, **83(3)**, 331-335.
- Carvalho Lemos, V., Reimer, J. J., & Wormit, A. (2019).** Color for life: biosynthesis and distribution of phenolic compounds in pepper (*Capsicum annuum*). *Agriculture*, **9(4)**, 81.
- Căruntu, C., Negrei, C., Ghiță, M. A., Căruntu, A., Bădărău, A. I., Buraga, I., Boda, D., Albu, A., & Brănișteanu, D. (2015).** Capsaicin, a hot topic in skin pharmacology and physiology. *Farmacia*, **63(4)**, 487-491.
- DADAMOUSA, C., & SAYAH, F. Z. (2020).** *Efficacité comparée de deux variétés de piment Capsicum annuum L.: Erg et Biskri sous conditions d'agriculture biologique sous serre à Ouargla* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA).

- Danza, A., Mastromatteo, M., Cozzolino, F., Lecce, L., Lampignano, V., Laverse, J., & Del Nobile, M. A. (2014).** Processing and characterization of durum wheat bread enriched with antioxidant from yellow pepper flour. *LWT - Food Science and Technology*, **59(1)**, 479-485.
- De, A. K. (Ed.). (2003).** *Capsicum: the genus Capsicum*. CRC Press. Medicinal and aromatic plants– industrial profiles. London ; New York, NY : Taylor & Francis , **33**, 26-29.
- Dewitt DS, Melissa T and Hunter K.** The Healing Powers of Hot Peppers. Three Rivers Press, NY **1998**, 17-22
- Dorantes, L., Araujo, J., Carmona, A., & Hernandez-Sanchez, H. (2008).** Effect of *capsicum* extracts and cinnamic acid on the growth of some important bacteria in dairy products. In *Food Engineering: Integrated Approaches* (pp. 337-344). Springer New York.
- Dorantes, L., Colmenero, R., Hernandez, H., Mota, L., Jaramillo, M. E., Fernandez, E., & Solano, C. (2000).** Inhibition of growth of some foodborne pathogenic bacteria by *Capsicum annum* extracts. *International Journal of Food Microbiology*, **57(1)**, 125-128.
- Durucasu, I., & Tokuşoğlu, O. (2007).** Effects of grilling on luteolin (3', 4', 5, 7-tetrahydroxyflavone) content in sweet green bell pepper (*Capsicum annuum*). *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, **10(19)**, 3410-3414.
- Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, J. A., Sayas-Barberá, E., & López-Santoveña, F. (2002).** Effect of paprika (*Capsicum annum*) on color of Spanish-type sausages during the Resting Stage. *Journal of Food Science*, **67(6)**, 2410-2414.
- Hernández-Pérez, T., Gómez-García, M. D. R., Valverde, M. E., & Paredes-López, O. (2020).** *Capsicum annuum* (hot pepper): An ancient Latin-American crop with outstanding bioactive compounds and nutraceutical potential. A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **19(6)**, 2972-2993.
- Jeffery, E. H., Brown, A. F., Kurilich, A. C., Keck, A. S., Matusheski, N., Klein, B. P., & Juvik, J. A. (2003).** Variation in content of bioactive components in broccoli. *Journal of food composition and analysis*, **16(3)**, 323-330.
- Jeon, G., Choi, Y., LEE, S. M., Kim, Y., Oh, M., JEONG, H. S., & Lee, J. (2012).** Antioxidant and antiproliferative properties of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds. *Journal of Food Biochemistry*, **36(5)**, 595-603.
- Kana-Sop, M. M., Gouado, I., Achu, M. B., Van Camp, J., Zollo, P. H. A., Schweigert, F. J., ... & EkOE, T. (2015).** The influence of iron and zinc supplementation on the bioavailability of provitamin A carotenoids from papaya following consumption of a vitamin A-deficient diet. *Journal of nutritional science and vitaminology*, **61(3)**, 205-214.

- Khan, F. A., Mahmood, T., Ali, M., Saeed, A., & Maalik, A. (2014).** Pharmacological importance of an ethnobotanical plant: *Capsicum annuum* L. *Natural product research*, **28(16)**, 1267-1274.
- Kim, S., Youl Ha, T., & Park, J. (2008).** Characteristics of pigment composition and colour value by the difference of harvesting times in Korean red pepper varieties (*Capsicum annuum*, L.). *International journal of food science & technology*, **43(5)**, 915-920.
- Loizzo, M. R., Pugliese, A., Bonesi, M., Menichini, F., & Tundis, R. (2015).** Evaluation of chemical profile and antioxidant activity of twenty cultivars from *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chacoense* and *Capsicum chinense*: A comparison between fresh and processed peppers. *LWT-Food Science and Technology*, **64(2)**, 623-631.
- Lysy, J., Sistiery-Ittah, M., Israelit, Y., Shmueli, A., Strauss-Liviatan, N., Mindrul, V., Keret, D., & Goldin, E. (2003).** Topical capsaicin—a novel and effective treatment for idiopathic intractable pruritus ani: a randomised, placebo controlled, crossover study. *Gut*, **52(9)**, 1323-1326.
- Maji, A. K., & Banerji, P. (2016).** Phytochemistry and gastrointestinal benefits of the medicinal spice, *Capsicum annuum* L.(Chilli): a review. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, **13(2)**, 40-52.
- Materska, M., & Perucka, I. (2005).** Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and food Chemistry*, **53(5)**, 1750-1756.
- Matsufuji, H., Ishikawa, K., Nunomura, O., Chino, M., & Takeda, M. (2007).** Anti-oxidant content of different coloured sweet peppers, white, green, yellow, orange and red (*Capsicum annuum* L.). *International Journal of Food Science & Technology*, **42(12)**, 1482-1488.
- Meghvansi, M. K., Siddiqui, S., Khan, M. H., Gupta, V. K., Vairale, M. G., Gogoi, H. K., & Singh, L. (2010).** Naga chilli: a potential source of capsaicinoids with broad-spectrum ethnopharmacological applications. *Journal of ethnopharmacology*, **132(1)**, 1-14.
- Mokhtar, M., Soukup, J., Donato, P., Cacciola, F., Dugo, P., Riazi, A., & Mondello, L. (2015).** Determination of the polyphenolic content of a *Capsicum annuum* L. extract by liquid chromatography coupled to photodiode array and mass spectrometry detection and evaluation of its biological activity. *Journal of separation science*, **38(2)**, 171-178.
- Nazzaro, F., Caliendo, G., Arnesi, G., Veronesi, A., Sarzi, P., & Fratianni, F. (2009).** Comparative content of some bioactive compounds in two varieties of *Capsicum annuum* L. sweet pepper and evaluation of their antimicrobial and mutagenic activities. *Journal of Food Biochemistry*, **33(6)**, 852-868.
- Olatunji, T. L., & Afolayan, A. J. (2018).** The suitability of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) for alleviating human micronutrient dietary deficiencies: A review. *Food science & nutrition*, **6(8)**, 2239-2251.
- Osuna-García, J. A., Wall, M. M., & Waddell, C. A. (1998).** Endogenous levels of tocopherols and ascorbic acid during fruit ripening of New Mexican-type chile (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46(12)**, 5093-5096..
- Petti, S., & Scully, C. (2009).** Polyphenols, oral health and disease: A review. *Journal of dentistry*, **37(6)**, 413-423..

- Pieroni, A., Quave, C. L., Villanelli, M. L., Mangino, P., Sabbatini, G., Santini, L., ... & Tomasi, M. (2004).** Ethnopharmacognostic survey on the natural ingredients used in folk cosmetics, cosmeceuticals and remedies for healing skin diseases in the inland Marches, Central-Eastern Italy. *Journal of Ethnopharmacology*, **91**(2-3), 331-344.
- Pruthi, J. S. (2004).** Chemistry and quality control of *capsicums* and *Capsicum* products. Chapter 3. *Capsicum*, the genus *Capsicum*. De A.K., (Ed.). CRC Press Inc., Taylor & Francis Group, London, UK.
- Raza, K., Shareef, M. A., Singal, P., Sharma, G., Negi, P., & Katare, O. P. (2014).** Lipid-based capsaicin-loaded nano-colloidal biocompatible topical carriers with enhanced analgesic potential and decreased dermal irritation. *Journal of liposome research*, **24**(4), 290-296.
- Rubio, C., Hardisson, A., Martín, R., Báez, A., Martín, M., & Álvarez, R. (2002).** Mineral composition of the red and green pepper (*Capsicum annuum*) from Tenerife Island. *European food research and technology*, **214**, 501-504.
- Sanati, S., Razavi, B. M., & Hosseinzadeh, H. (2018).** A review of the effects of *Capsicum annuum* L. and its constituent, capsaicin, in metabolic syndrome. *Iranian journal of basic medical sciences*, **21**(5), 439.
- Scalbert, A., Johnson, I. T., & Saltmarsh, M. (2005).** Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American journal of clinical nutrition*, **81**(1), 215S-217S
- Silvar, C., & García-González, C. A. (2016).** Deciphering genetic diversity in the origins of pepper (*Capsicum* spp.) and comparison with worldwide variability. *Crop Science*, **56**(6), 3100-3111.
- Snafi Iancu, M. L., Benea, D. D., Benea, L., & Maier, A. M. (2015).** New Usage of *Capsicum* (*Capsicum annuum*) in the Food Industry. Sweet Products. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, **21**(2), 162-172.
- Srinivasan, K. (2015).** Biological Activities of Red Pepper (*Capsicum annuum*) and Its Pungent Principle Capsaicin: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **56**(9), 1488–1500. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772090>
- Stommel, J. R., & Bosland, P. W. (2007).** Ornamental pepper: *Capsicum annuum*. In *Flower breeding and genetics: issues, challenges and opportunities for the 21st century* (pp. 561-599). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4428-1_21
- Sumner, J. (2000).** *The natural history of medicinal plants* (pp. 235-pp).
- Sun, T., Xu, Z., Wu, C. T., Janes, M., Prinyawiwatkul, W., & No, H. K. (2007).** Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science*, **72**(2), S98-S102.
- Szolcsányi, J. (2014).** Capsaicin and sensory neurones: a historical perspective. *Capsaicin as a Therapeutic Molecule*, 1-37.
- Tepić, A. N., Dimić, G. R., Vujičić, B. L., Kevrešan, Ž. S., Varga, M., & Šumić, Z. M. (2008).** Quality of commercial ground paprika and its oleoresins. *Acta Periodica Technologica*, **(39)**, 77-83.
- Telang, P. S. (2013).** Vitamin C in dermatology. *Indian Dermatology Online Journal*, **4**(2), 143-146.

Tundis, R., Menichini, F., Bonesi, M., Conforti, F., Statti, G., Menichini, F., & Loizzo, M. R. (2013). Antioxidant and hypoglycaemic activities and their relationship to phytochemicals in *Capsicum annuum* cultivars during fruit development. *LWT-Food Science and Technology*, **53(1)**, 370-377.

Uquiche, E., Valle, J. M., & Ortiz, J. (2004). Supercritical carbon dioxide extraction of red pepper (*Capsicum annuum* L.) oleoresin. *Journal of food engineering*, **65(1)**, 55-66. USDA. (2018). *United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service.*

Wahba, N. M., Ahmed, A. S., & Ebraheim, Z. Z. (2010). Antimicrobial effects of pepper, parsley, and dill and their roles in the microbiological quality enhancement of traditional Egyptian Kareish cheese. *Foodborne Pathogens and Disease*, **7(4)**, 411-418.

Yusop, S. M., O'Sullivan, M. G., Preuß, M., Weber, H., Kerry, J. F., & Kerry, J. P. (2012). Assessment of nanoparticle paprika oleoresin on marinating performance and sensory acceptance of poultry meat. *LWT - Food Science and Technology*, **46(1)**, 349-355.

Zimmer, A. R., Leonardi, B., Miron, D., Schapoval, E., de Oliveira, J. R., & Gosmann, G. (2012). Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Capsicum baccatum*: from traditional use to scientific approach. *Journal of Ethnopharmacology*, **139(1)**, 228-233.

Sites Web :

Aztekium. (2018, Novembre 20). Fruits et Fleurs de *Capsicum annuum* L.. iNaturalist ; iNaturalist.
https://www.inaturalist.org/taxa/48514-Capsicum-annuum/browse_photos

Msdiane. (2021, Août 27). Plante de *Capsicum annuum* L.. iNaturalist ; iNaturalist.
https://www.inaturalist.org/taxa/48514-Capsicum-annuum/browse_photos

Thebeachcomber. (2023, Août 13). Plante de *Capsicum annuum* L.. iNaturalist ; iNaturalist.
https://www.inaturalist.org/taxa/48514-Capsicum-annuum/browse_photos

Yhuryethcarrera. (2020, Avril 26). Fruits de *Capsicum annuum* L.. iNaturalist ; iNaturalist.
https://www.inaturalist.org/taxa/48514-Capsicum-annuum/browse_photos

ANNEXES

Annexes

Annexe I: Production du piment dans le monde (FAO, 2008 ; Dadamoussa et Sayah, 2020).

Pays	Productions (×10³ tonnes)	Pays	Productions (×10³ tonnes)
Afrique sud	10	Mexique	60
Algérie	7.6	Myanmar	71
Bangladesh	117	Nigéria	50
Chine	252	Maroc	14
Egypte	45.6	Pakistan	130
Etats-Unis	55	Soudan	7.6
Ethiopie	115	Roumanie	33
Ghana	81	Thaïlande	39
Hongrie	33	Tunisie	7
Inde	1244	Turquie	20
Kenya	5	Vietnam	78.5

ملخص

ينتمي (*Capsicum annuum* L.) إلى فصيلة الباذنجانيات (الفلفل الحار). موطنها الأصلي أمريكا الوسطى والجنوبية. وهو غني بالمواد المغذية والفيتامينات والمعادن، ويحتوي على تركيبة فريدة من المستقلبات الأولية والثانوية (الكابيسينويدات والكاروتينات والفلافونويدات)، مما يجعله مصدراً حقيقياً للفوائد الصحية. وتمنح هذه المركبات الفلفل الحار خصائص دوائية وعلاجية رائعة. وله خصائص مضادة للميكروبات ومضادة للأكسدة. كما يتميز الفلفل الحار بخصائص مضادة للالتهابات، مما يخفف من آلام الروماتيزم ويحسن وظيفة المفاصل. وتشير الدراسات أيضاً إلى أن له خصائص مضادة للسرطان ومسكنات. بالإضافة إلى استخداماته الصيدلانية، يُستخدم الفلفل الحار أيضاً في صناعة مستحضرات التجميل، حيث تُستخدم مستخلصات الفلفل الحار في الكريمات المضادة للشيخوخة ومنتجات العناية بالبشرة، بينما تستخدمه صناعة الأغذية كمادة حافظة وتوابل ولإضافة اللون والنكهة إلى مجموعة متنوعة من المنتجات (تتبيلات السلطة والحلويات والصلصات). يعتبر نبات *C. annuum* L. كنزاً نباتياً حقيقياً، حيث يقدم العديد من الفوائد الصحية والاستخدامات المتنوعة في مجموعة متنوعة من المجالات. تمكننا الأبحاث الجارية من استكشاف إمكاناته بشكل أكبر، وتصور منتجات جديدة مشتقة منه مفيدة للإنسان.

الكلمات المفتاحية: *Capsicum annuum* L. ، الفلفل الحار، الكبسينين، الكبسينويدات، الأنشطة البيولوجية، صناعة الأغذية، صناعة الأدوية ومستحضرات التجميل.

Abstract

Capsicum annuum L., belongs to the *Solanaceae* (pepper) family. Native to Central and South America. Rich in nutrients, vitamins and minerals, it has a unique composition of primary and secondary metabolites (capsaicinoids, carotenoids and flavonoids), making it a true source of health benefits. These compounds give chilli peppers remarkable pharmacological and therapeutic properties. Antimicrobial and antioxidant properties. Chillies also have anti-inflammatory properties, relieving rheumatic pain and improving joint function. Studies also suggest its anticancer and analgesic potential. Beyond its pharmaceutical applications, chilli is also finding its way into the cosmetics industry, incorporating chilli extracts into anti-ageing creams and skin care products, while the food industry uses it as a spice, preservative and to add color and flavour to a variety of products (salad dressings, confectionery, sauces). *C. annuum* L. is a botanical treasure trove, offering a multitude of health benefits and diverse applications in a variety of fields. Ongoing research is enabling us to further explore its potential and envisage new products derived from it that are beneficial to mankind.

Keywords: *Capsicum annuum* L., Pepper, Capsaicin, Capsaicinoids, Biological activities, Food industry, Pharmaceutical and cosmetic industry.

Résumé

Capsicum annuum L., appartient à la famille des *Solanaceae* (piment). Originaire d'Amérique centrale et du Sud. Sa richesse en nutriments , vitamines et minéraux, s'accompagne d'une composition unique en métabolites primaires et secondaires (capsaïcinoïdes, caroténoïdes et flavonoïdes) donc c'est une véritable source de bienfaits pour la santé. Ces composés confèrent au piment des propriétés pharmacologiques et thérapeutiques remarquables. Ses propriétés antimicrobiennes, antioxydantes . Le piment possède également des vertus anti-inflammatoires, soulageant les douleurs rhumatismales et améliorant la fonction articulaire. Des études suggèrent également son potentiel anticancéreux, analgésique. Au-delà de ses applications pharmaceutique, le piment trouve également sa place dans les industries cosmétique en intègre les extraits de piment dans des crèmes anti-âge et des produits de soin de la peau, tandis que l'industrie agroalimentaire l'utilise comme épice, conservateur et pour apporter couleur et saveur à une variété de produits (vinaigrettes, confiseries, sauces). *C. annuum* L. se révèle ainsi comme un véritable trésor botanique, offrant une multitude de bienfaits pour la santé et des applications diverses dans des domaines variés. Des recherches continues permettent d'explorer davantage ses potentialités et d'envisager de nouveaux produits dérivés bénéfiques pour l'homme.

Mots clés : *Capsicum annuum* L., Piment, Capsaïcine, Capsaïcinoïdes, Activités biologique, Industrie agroalimentaire, Industrie pharmaceutique et cosmétique.