

RÉPULIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques

Département des sciences alimentaires

Filière : Sciences alimentaires

Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de master

Thème

***Écorces d'agrumes : compositions,
bienfaits et valorisations en
agroalimentaire***

Présenté par : M^{lle} KOUROU Fatma

M^{lle} IDRIS Roza

Membres de jury :

Président : M.SADOUDI Rabah (MCA)

Examinatrice : M^{me} HAMMAD Imane Epse DOUFENE (MCB)

Encadrante : M^{me} BOUDAUD Sonia Epse MEDDAH (MCB)

2023/2024

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier le bon dieu ALLAH, à notre créateur le plus puissant de nous avoir donné la force et la volonté ainsi de nous avoir guidé vers le chemin du savoir afin d'accomplir ce travail.

Notre profond remerciement à notre promotrice Mme BOUDAUD pour son encadrement, ses conseils précieux, et sa disponibilité tout au long de cette recherche. Son expertise et son soutien ont été essentiels à l'aboutissement de ce travail.

Nous tenons à remercier les membres de jurys pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance.

Je souhaite également remercier notre faculté et les ingénieurs de labo pour nous avoir offert les ressources nécessaires et un environnement propice à la recherche.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à moi et à ma binôme roza et à toutes les personnes qui ont été présents et m'ont encouragé pendant tout le long de ce mémoire

"I want to thank me for believing in me, i want to thank me for doing all this hard work, i wanna thank me for having no days off, i wanna thank me for never quitting, i wanna thank me for always being a giver and trying to give more than i receive "

Dédicace

Je dédie ce mémoire à moi et à ma binôme Cici et à toutes les personnes qui ont été présents et m'ont encouragé pendant tout le long de ce mémoire

"I want to thank me for believing in me, i want to thank me for doing all this hard work, i wanna thank me for having no days off, i wanna thank me for never quitting, i wanna thank me for always being a giver and trying to give more than i receive "

Liste des abréviations

AOAC : Association of official analytical chemists.

BH : Base humide.

BS : Basse sèche.

C : Citrus.

°C : Degré Celsius

Cm : Centimètre.

DO : Densité optique

G : gramme.

GAE : Gallique acid équivalent.

GALA : Acide D-galacturonique.

GST : Glutathion s-transférase

H : heure.

HE : huile essentielle.

ISO : International Organization Of Standardization.

IL : Interleukine .

KG : Kilogramme.

L : Litre

LPS : Lipopolysaccharides

M : Mètre

MC : Masse des cendres

MG : Milligramme.

Mi : Masse initiale.

Min : Minute

ML : Millilitre.

N : Numéro.

Nc : nanocellulose .

NM : Nanomètre.

O : Oxygène .

PMF : Flavones polyméthoxylées.

TNF : Facteur de nécrose tumorale.

UV/VIS : Ultraviolets visible.

WHC : Water holding capacity.

μl : Microlitre.

% : Pourcentage.

± : Plus ou moins.

Liste des figures

Figure 1 : Evolution de la production d'agrumes en Algérie (2006 2017), par type d'agrumes .

Figure 2 : structure de l'écorce d'orange.

Figure 3 : Application industrielles des écorces d'agrumes.

Figure 4 : Avantages de l'incorporation d'écorces d'agrumes et leurs propriétés médicinales dans les céréales du petit déjeuner prêts à consommer.

Figure 5 : Applications futur des écorces d'agrumes.

Figure 6 : Épluchage des écorces d'agrumes Orange et Citron.

Figure 7 : Séchage des écorces dans l'étuve à 50°C.

Figure 8 : La poudre obtenue après broyage des écorces des deux types d'agrumes (Orange et Citron).

Figure 9 : Incinération des écorces d'orange et de citron.

Figure 10 : Différentes étapes de la préparation des extraits des deux types d'écorces (orange et citron).

Figure 11 : Les extraits d'orange et du citron après passage dans l'évaporateur rotatif.

Figure 12 : Teneur en matière sèche et le taux d'humidité en % des écorces d'orange et de citron.

Figure 13 : Teneur en matière minérale en % des écorces d'orange et de citron.

Figure 14 : Teneur en sucres totaux en mg/l des écorces d'orange et de citron.

Figure 15 : Teneur en vitamine C.

Figure 16 : Teneur en polyphénols des écorces d'orange et de citron.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Autres types d'agrumes

Tableau 2 : Valeur nutritive du citron et de la lime

Tableau 3 : Composition variétale des agrumes en Algérie.

Tableau 4 : Structure d'âge du verger agrumicole Algérien.

Tableau 5 : Appareils verreries solvants et réactifs utilisés dans ce mémoire

Sommaire

Partie bibliographique

Chapitre 1 : les agrumes

1. Introduction	1
1.1 Présentation de l'espèce	3
1.2 Origine.....	3
1.3 Taxonomie des agrumes.....	4
1.4 Catégories des agrumes.....	4
1.4.1 Orange douce.....	5
1.4.2 Orange amère	5
1.4.3 Citron.....	5
1.4.4 Mandarine.....	6
1.4.5 Pamplemousse.....	6
1.6 Autres types d'agrumes	6
1.7 Composition chimique des agrumes	7
1.7.1 Composition chimique des oranges.....	7
1.7.2 Composition chimique du citron	8
1.7.3 Vitamines des agrumes et leur activité antioxydante	8
1.7.3.1 Valeur nutritive du citron et de la lime	9
1.8 Propriétés fonctionnelles des agrumes	10

1.8.1 Effets anti cancer	10
1.8.2 Impact sur la glycémie	11
1.9 Production mondiale des agrumes.....	11
1.9.1 Production d'agrumes en Algérie.....	12
1.9.1.1 Aspect économique	12
1.9.1.2 Aspect agronomique.....	13
1.10 Utilisations des agrumes.....	14
1.10.1 Les agrumes destinés à la transformation	14
1.10.2 Les huiles essentielles des agrumes.....	15

Chapitre 2 : Les écorces d'agrumes

2 Généralités	16
2.1 Structure des écorces	16
2.2 Composition chimique des écorces	17
2.2.1 Composition chimique des écorces d'oranges	17
2.2.2 Composition chimique des écorces de citron.....	18
2.3 Valeur nutritive des écorces	18
2.4 Utilisation des écorces	20
2.4.1 Ecorces d'oranges confites	20
2.4.2 Colorants alimentaires.....	20
2.5 Valorisation des écorces.....	22

Partie expérimentale

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

3 Objectif	26
3.1 Préparation de l'échantillon	26
3.1.1 Echantillonnage	26
3.1.2 Séchage.....	27

3.3.3 Broyage	27
3.2 Analyses physicochimiques	28
3.2.1 Détermination de la teneur en eau	28
3.2.2 Détermination de la matière minérale	28
3.2.3 Détermination de la teneur en sucre	29
3.2.4 Détermination de la vitamine C	30
3.3 Analyses phytochimiques.....	31
3.3.1 Préparation de l'extrait Ethanolic.....	31
3.3.2 Dosage des phénols totaux	32

Chapitre 4 : Résultats et discussions

Analyses physicochimiques	34
4.1 Détermination de la matière sèche et le taux d'humidité	34
4.2 Détermination de la teneur en cendres	35
4.3 Détermination de la teneur en sucres totaux	36
4.4 Dosage de la vitamine C.....	38
Analyses phytochimiques.....	40
4.5 Teneur en polyphénols	40

Conclusion	42
------------------	----

Références bibliographique

Annexes

Résumé

Les agrumes constituent le genre le plus vaste des fruits, comprenant environ 70 espèces, dont plusieurs comestibles. Parmi celles-ci figurent *C. limon* (citron), *C. medica* (cédrat), *C. aurantium* (orange amère), *C. paradisi* (pamplemousse), *C. reticulata* (mandarine, tangerine), *C. clementina* (clémentine), *C. bergamia* (bergamote), *C. junos* (yuzu), *C. japonica* (kumquat) et *C. sinensis* (orange douce). Les écorces d'agrumes sont souvent jetées comme déchets, ce qui pose des problèmes environnementaux. Toutefois, des recherches récentes ont révélé que les écorces d'orange et de citron, contiennent divers composés bioactifs pouvant être extraits et utilisés dans de nombreuses applications. L'objectif de notre étude est de mener diverses expériences sur deux types d'écorces d'agrumes à savoir celles des oranges et des citrons afin de déterminer leur composition, bienfaits et leur valorisation en agroalimentaire. Nous réalisons des analyses physicochimiques telles que la détermination de la teneur en matière sèche, la teneur en cendre, le dosage des sucres totaux et la détermination de la vitamine C, ainsi que des analyses phytochimiques incluant le dosage des polyphénols. Nos résultats montrent des teneurs spécifiques pour chaque analyse effectuée. Pour la teneur en matière sèche, nous avons obtenu une valeur de 14,52 % pour les écorces d'orange et de 17,20 % pour les écorces de citron. Le taux d'humidité est de 12,67 % pour les écorces d'orange et de 14,67 % pour les écorces de citron. En ce qui concerne la teneur en cendre, les écorces de citron présentent une teneur de 94,76 %, tandis que celle des écorces d'orange est de 96,48 %. La détermination des sucres totaux révèle une concentration de 25,4 mg/L pour les écorces de citron et de 42,32 mg/L pour les écorces d'orange. Quant au dosage de la vitamine C, les écorces de citron montrent une teneur de 31,88 mg/ml et celles d'orange de 38,80 mg/ml. Pour les analyses phytochimiques, le dosage des polyphénols indique une teneur de 164,16 g GAE/100g pour les écorces de citron et de 170,77 g GAE/100g pour les écorces d'orange.

ملخص

تعد الحمضيات أكبر جنس في الفواكه، حيث تضم حوالي 70 نوعاً، منها العديد من الأنواع الصالحة للأكل. ومن بين هذه الأنواع نذكر (الليمون)، (الأترج)، (البرتقال المر)، (الجريب فروت)، (اليوسفي، اليوسف أفدي)، (الكليمنتين)، (البرغموت)، (اليونزو)، (الكمكوات) و(البرتقال الحلو). تُرمى قشور الحمضيات غالباً كنفايات، مما يسبب مشاكل بيئية. ومع ذلك، كشفت أبحاث حديثة أن قشور البرتقال والليمون تحتوي على مركبات حيوية متنوعة يمكن استخراجها واستخدامها في العديد من التطبيقات. هدف دراستنا هو إجراء تجارب متنوعة على نوعين من قشور الحمضيات، وهي قشور البرتقال والليمون، لتحديد تركيبها وفوائدها وإمكانية استخدامها في الصناعات الغذائية. تجري تحليلات فيزيائية وكيميائية مثل تحديد محتوى ، بالإضافة إلى تحليلات فيتوكيميائية تشمل قياس البوليفينولات. تظهر نتائجنا محتويات محددة لكل تحليل. بالنسبة C المادة الجافة، محتوى الرماد، قياس السكريات الكلية وتحديد فيتامين لمحتوى المادة الجافة، حصلنا على قيمة 14,52% لقشور البرتقال و 17,20% لقشور الليمون. نسبة الرطوبة هي 12,67% لقشور البرتقال و 14,67% لقشور الليمون. أما محتوى الرماد، فبلغت نسبة قشور الليمون 94,76%، بينما نسبة قشور البرتقال 96,48%. كشف قياس السكريات الكلية عن تركيز 25,4 ملغ/لتر لقشور الليمون و 42,32 ملغ/لتر لقشور ، أظهرت قشور الليمون محتوى 31,88 ملغ/مل وقشور البرتقال 38,80 ملغ/مل. بالنسبة للتحليلات الفيتوكيميائية، أشار قياس البوليفينولات إلى البرتقال. بالنسبة لقياس فيتامين(س) محتوى 164,16 غرام مكافئ حمض الغاليك/100 غرام لقشور الليمون و 170,77 غرام مكافئ حمض الغاليك/100 غرام لقشور البرتقال.

Abstract

Citrus fruits constitute the largest genus of fruits, comprising approximately 70 species, many of which are edible. Among these are *C. limon* (lemon), *C. medica* (citron), *C. aurantium* (bitter orange), *C. paradisi* (grapefruit), *C. reticulata* (mandarin, tangerine), *C. clementina* (clementine), *C. bergamia* (bergamot), *C. junos* (yuzu), *C. japonica* (kumquat) and *C. sinensis* (sweet orange). Citrus peels are often thrown away as waste, which poses environmental problems. However, recent research has revealed that orange and lemon peels contain various bioactive compounds that can be extracted and used in many applications. The objective of our study is to carry out various experiments on two types of citrus peels, namely those of oranges and lemons, in order to determine their composition, benefits and their use in the food industry. We carry out physicochemical analyzes such as the determination of the dry matter content, the ash content, the dosage of total sugars and the determination of vitamin C, as well as phytochemical analyzes including the dosage of polyphenols. Our results show specific contents for each analysis carried out. For the dry matter content, we obtained a value of 14.52% for orange peels and 17.20% for lemon peels. The humidity level is 12.67% for orange peels and 14.67% for lemon peels. Regarding the ash content, lemon peels have a content of 94.76%, while that of orange peels is 96.48%. The determination of total sugars reveals a concentration of 25.4 mg/L for lemon peels and 42.32 mg/L for orange peels. As for the dosage of vitamin C, lemon peels show a content of 31.88 mg/ml and orange peels 38.80 mg/ml. For phytochemical analyses, the dosage of polyphenols indicates a content of 164.16 g GAE/100g for lemon peels and 170.77 g GAE/100g for orange peels.

Agzul

Iferdisen n titrus d nitni ay d şşenf ameqran akk n igumma , yerna llan deg-sen azal n 70 n yiferdisen, yerna atas seg-sen ay izemren ad ttwaččen. Gar-asen, yella *C. limon* (limun), *C. medica* (citron), *C. aurantium* (azeđda n lberğ), *C. paradisi* (azeđda n tzegwa), *C. reticulata* (amandarin, amandarin), *C. clementina* (clementine), *C. clementina* (clementine), *C. bergamia* (bergamot), *C. junos* (yuzu), *C. japonica* (kumquat) *C. sinensis* (aziđan aziđan). Iqceren n titrus ttwađeggent-d s waťas am tyawsiwin n tzegwa, dya d aya ay d-yettawin ugunen i twennadť. D acu kan, anadi ay d-yellan seg melmi kan yesskanay-d dakkent tiqcicin n lberğ d llem llan deg-sent yiferdisen yemgerraden n tmeddurt (composés bioactifs) ay izemren ad d-ttwakksen yerna ad ttwasseqdacen deg waťas n tyawsiwin. Iswi n tezrawt-nney d axeddim n tgermanin yemgaraden yef snat n tmiđranin n teitrus, d tin n lberğ d llem, akken ad nzer asenfar-nsent, lfayda-nsent d useqdecnsent deg temguri n tuččit. Nexdem tizrawin n tfekka d tfekka am ueeyyen n tyawsiwin tiqburin, n tyawsiwin n tzegwa, n tyawsiwin n ssker s ujemmal d ueeyyen n vitamine C, am wakken i d-nexdem tizrawin n tfekka n tfekka ideg llant tyawsiwin n tmezdiyin (polyphenols). Igmađ-nney sseknen-d iđrisen igerrzen i yal askasi i d-yellan. I lmend n tyawsa tazegzawt, nwala azal n 14,52% i tfekka n lberğ d 17,20% i tfekka n llim. Aswir n tmezzuť d 12,67% i tfekka n lberğ d 14,67% i tfekka n llim. Deg wayen yerzan azal n yiťem, tiqcicin n llim seant azal n 94,76%, ma d tin n tcekkarin n lberğ tesa azal n 96,48%. Asenqed n ssker s ujemmal yesskanay-d tazmert n 25,4 mg/L i tfekka n llem d 42,32 mg/L i tfekka n lberğ. Ma d ayen yerzan azal n vitamine C, iqecwal n llem sseknen-d azal n 31,88 mg/ml ma d iqecwal n lberğ 38,80 mg/ml. I yiferdisen n tfekka n tfekka, azal n yiferdisen n tfekka n tfekka yesskanay-d azal n 164,16 g GAE/100g i tfekka n llim d 170,77 g GAE/100g i tfekka n lberğ.

INTRODUCTION

La tendance croissante des consommateurs vers les produits naturels, combinée à un intérêt accru pour le lien entre alimentation et le bien-être, exerce une influence significative sur les choix alimentaires, favorisant une consommation dirigée vers des fruits et légumes. Les fruits sont vivement recommandés dans le cadre d'une alimentation équilibrée au quotidien, et parmi eux, les agrumes, appartenant à la famille des *Rutacées*, suscitent un vif intérêt non seulement en raison de leur valeur nutritionnelle, mais aussi pour leurs bienfaits avérés sur la santé (B'chir & Arnaud, 2023a).

La production mondiale de ces fruits était estimée d'environ 102 millions de tonnes par an. Leur valeur nutritionnelle, médicinale et agricole est bien établie grâce à leurs composés bioactifs précieux. Cependant, l'industrie des agrumes laisse derrière elle une quantité considérable de déchets (environ 120 millions de tonnes par an). Ces déchets, qui représentent un cinquième des déchets industriels mondiaux, posent de graves risques environnementaux lorsqu'ils sont mal gérés (Nodola et al., 2024a).

Après l'extraction de la pulpe des fruits, une grande quantité de déchets d'écorces est généralement rejetée, bien que ces écorces soient riches en divers métabolites bioactifs, offrant une opportunité de valorisation en produisant par exemple des huiles essentielles bioactives, ce qui permet le recyclage des déchets générés par l'industrie agroalimentaire (Visakh et al., 2022).

La valorisation des déchets d'écorces d'agrumes peut être réalisée à travers des méthodes physico-chimiques et biologiques. Cependant, les processus impliquant les premières méthodes sont parfois chronophages et énergivores, ce qui peut être préjudiciable à l'environnement. Pour remédier à cela, de nouvelles technologies, appelées méthodes « vertes », ont émergé au cours de la dernière décennie (Sharma et al., 2022).

La chimie a été sollicitée pour identifier, parmi les environ 150 composants des agrumes, ceux qui pourraient être rentablement extraits. Des initiatives ont été lancées avec des succès divers pour la production d'acide citrique, de pectines, d'huile de pépin et de flavonoïdes. Les jus d'écorces peuvent être concentrés en mélasse et transformés en sirop de sucre, ou encore, par fermentation, en acide lactique ou en alcool industriel. Ils peuvent également servir de substrat à la culture de levures, qui sont des sources de protéines et de

INTRODUCTION

vitamines. Une préparation récente présente l'avantage d'utiliser le fruit entier (jus, pulpe, écorce), il s'agit des pâtes d'oranges entières, également appelées "comminuted orange". Ces pâtes sont utilisées dans la fabrication de boissons dites "aux fruits entiers" (Schwob & Huet, 1965).

Ce travail vise à étudier les écorces d'agrumes, spécifiquement l'orange et le citron, d'explorer leurs compositions chimiques et phytochimiques afin de tirer de mieux leurs bienfaits et trouver des voies innovants pour leurs valorisation en alimentaire et en agroalimentaire.

Notre travail se divise en deux parties :

La première partie, recherche bibliographique, comprend deux chapitres. Le premier chapitre présente une synthèse détaillée sur les agrumes, leurs compositions et leurs utilisations. Le deuxième chapitre regroupe des informations sur les écorces d'agrumes, leurs compositions et leurs valorisations en agroalimentaire.

La seconde partie, expérimentale, constitue l'essentiel de notre mémoire. Elle débute par un chapitre de matériels et méthodes qui détaillent les différentes analyses physicochimiques et phytochimiques effectuées sur les deux types d'écorces d'agrumes (orange et citron), puis un chapitre présentant les résultats et les discussions des analyses réalisées.

PARTIE

BIBLIOGRAPHIE

CHAPITRE 1

Les agrumes

1.1 Présentation de l'espèce

Le genre *Citrus* est considéré comme l'une des subdivisions taxonomiques les plus significatives de la famille des Rutacées. Les fruits produits par les espèces de ce genre sont communément désignés sous le terme familier d'« agrumes » ou simplement d'agrumes. (Klimek-Szczykutowicz et al., 2020)

Les agrumes font partie de la famille des Rutacées. Agrume, est un nom commun pour différents fruits ; appartiennent à la catégorie des fruits non climatiques. Donc, lorsqu'elles sont récoltées, leur goût n'est pas amélioré. La récolte doit être effectuée lorsque la maturité et la qualité sont optimales. En récoltant avec de petits pédicelles, le fruit a une meilleure durée de conservation et une meilleure qualité pendant le stockage. (Richa et al., 2023a)

Ils sont consommés en abondance dans le monde entier en raison de leurs agréables arômes et saveurs, de leurs bonnes valeurs nutritionnelles et de leurs nombreux bienfaits pour la santé, grâce à leur richesse en nutriments et bioactifs. (Lu et al., 2023) .

1.2 Origine

La culture mondiale et la forte demande d'agrumes (genre *Citrus* de la famille des Rutacées) ont un impact important, même si les mystères de son histoire et de son origine sont nombreux. (Liu et al., 2012).

L'Asie du Sud-Est, qui s'étend du sud de l'Himalaya à l'Indonésie, est aujourd'hui considérée comme le véritable berceau originel des agrumes. (Curk et al., s. d.).

Les scientifiques de différentes parties du monde, en se basant sur des analyses génomiques, phylogénétiques et biogéographiques ; s'accordent que les principaux centres d'origine des espèces d'agrumes sont les régions tropicales et subtropicales de l'Asie du Sud-Est, le nord-est de l'Inde dans les contreforts de l'Himalaya, la province du Yunnan au sud-ouest de la Chine et le nord du Myanmar, la péninsule indochinoise et l'archipel malaisien, à partir duquel les agrumes ont commencé à se propager vers les autres continents. (Zhong & Nicolosi, 2020).

Les espèces d'agrumes ont un rôle important dans la culture des pays méditerranéens, non seulement pour leur valeur gastronomique ou médicinale, mais également pour leur importance ornementale et symbolique. Depuis l'époque romaine, l'intérêt pour la diversité

des agrumes a conduit à collecter et cultiver de nombreux cultivars autour de la mer Méditerranée .(Talon et al., 2020).

1.3 Taxonomie des agrumes

Les agrumes appartiennent à la famille des Rutacées ainsi qu'à la sous-famille des Aurantioideae.(Baldwin, 1993) (Il y a la sous-tribu des **Citrinae**, la sous-famille des **Aurantioideae** et la famille des **Rutacées** dans l'ordre des Géraniales).

Du genre **Citrus**, (citrus est le nom des agrumes anglais) sont l'une des cultures fruitières les plus importantes du monde. Ils sont principalement diploïdes ($2n = 2x = 18$) qui compte, selon les taxonomistes, entre 16 et 156 espèces.(Ollitrault & Navarro, 2012)

Les agrumes renferment un fruit orange ou citronné considéré comme un hesperidium ou baie de forme spécifique ; Ces fruits sont caractérisés par une pulpe juteuse constituée de vésicules contenues dans des segments.(Baldwin, 1993)

Trois types de plantes sont couverts par le terme d'agrumes, à savoir **Citrus**, **Fortunella** et **Poncirus**, Parmi huit autres genres, mentionnons : Ereniocitrus, Microcitrus, Clrmenia, Citropsis et Severinia.

1.3.1 Poncirus La ressource génétique la plus précieuse pour l'amélioration des agrumes ; souvent utilisé dans le traitement des fruits qui ne sont pas comestibles et dans la production de porte-greffes car il contient de nombreux gènes de résistance absents des Citrus.(Gmitter et al., 2007)

1.3.2 Fortunella Ce genre est comparable aux Citrus et est considéré comme l'une des ressources pomologiques originaires de Chine. Il renferme les kumquats.

1.3.3 Citrus est le plus important car il renferme les principales espèces cultivées : Les oranges, les citronniers, les clémentiniers, les cédratiers, les mandariniers, les bigaradiers, les pamplemoussiers, les pomelos...ETC

1.4 Catégories d'agrumes

Le genre citrus a été devise en 16 espèces par certains chercheurs tandis que d'autres l'ont devisé en 159 espèces ; Étant donné la possibilité d'hybrider les espèces d'agrumes entre elles et les variations clonales ; il est extrêmement difficile de déterminer précisément le

nombre d'espèces. Quelques variétés d'agrumes comprennent *Citrus sinensis* (orange douce), *Citrus aurantium* (orange amère), *Citrus citron* (citron), *Citrus reticulata* (mandarine, mandarine) et *Citrus paradise* (pamplemousse).(Richa et al., 2023b)

1.4.1 Orange douce (*Citrus sinensis*)

Il est probable que *C. sinensis* soit d'origine asiatique du Sud-Est et qu'il ait été cultivé en Chine vers 2500 avant notre ère. Il s'agit d'un des éléments les plus fréquemment employés dans la médecine chinoise traditionnelle. Ces fruits présentent une diversité de formes et de tailles, allant du rond au oblong.(Dongre et al., 2023)

Les fruits d'orange possèdent entre 9 et 12 segments, des noyaux pleins ou à moitié pleins, une chair de couleur jaune, orange, violette ou rouge, un goût sucré ou légèrement aigre, et une quantité réduite ou absente de graines. En règle générale, l'orange présente une saveur aigre-douce et est consommée fraîche ou souvent utilisée pour la fabrication de jus. L'orange se compose d'une combinaison de pomelos et de mandarines. (Richa et al., 2023b)

1.4.2 Orange amère (*Citrus aurantium*)

Son lieu d'origine se situe dans la région du Sud-Est asiatique ; est une magnifique plante, atteignant généralement entre 4 et 5 m de hauteur. Son tronc est densément ramifié, avec des branches épineuses, et son feuillage persistant dégage un parfum délicat.(Allais, 2009)

Sa chair est acidulée tandis que son zeste est plutôt amer. Ces fruits sont principalement employés dans les desserts et ont une valeur économique significative grâce à leurs huiles essentielles. En effet, ils sont utilisés comme arômes dans une multitude de produits alimentaires, tels que les boissons alcoolisées et non alcoolisées, les confitures, les gelées, les bonbons, les sodas, les glaces et les produits laitiers.(De Santis & Frangipane, 2020)

1.4.3 Citron (*Citrus limon*)

Cet arbre atteint généralement une hauteur de 2,5 à 3 mètres. Ses feuilles sont persistantes et ont une forme lancéolée. Les fleurs, bisexuées, sont blanches avec une légère teinte violette sur les bords des pétales. Le fruit se présente sous la forme d'une baie verte allongée, ovale et pointue qui prend une teinte jaune en mûrissant. À l'intérieur, la baie est

remplie d'une pulpe juteuse divisée en segments, similaire à la structure d'une orange. (Klimek-Szczykutowicz et al., 2020)

C'est la troisième espèce d'agrumes la plus cultivée dans le monde, et elle est largement utilisée sous forme de produit frais, de boisson, d'ingrédient culinaire et de conservateur alimentaire. (Di Matteo et al., 2021)

1.4.4 La mandarine (*Citrus reticulata*)

La plupart de ces fruits sont cultivés dans les régions tropicales, en particulier en Indonésie ; est considéré comme supérieur aux autres cultivars d'agrumes en raison de son goût sucré et frais, de sa couleur légèrement acide et jaune à maturité, ce qui les rend plus attrayants. ((Al Riza et al., 2023) Cet arbuste buissonnant épineux, à feuilles persistantes, atteint généralement de 2 à 8 mètres de hauteur, la plupart des variétés mesurant en moyenne 7,5 mètres.

Il présente une cime dense avec des branches minces portant des feuilles vert foncé en forme de lance, avec une nervure médiane bien marquée. Cet arbre produit des fleurs blanches parfumées suivies de fruits ovales à aplatis, à la chair sucrée et dorée.(Musara et al., 2020)

1.4.5 Le pamplemousse (*Citrus paradisi*)

Est un hybride résultant d'un croisement naturel entre le pamplemousse et l'orange douce. Ces fruits ont suscité un grand intérêt en raison de leurs propriétés nutritionnelles et antioxydantes. Leur particularité réside dans la présence d'un pigment rouge dans les sacs de jus, ainsi que des niveaux plutôt élevés de flavanones tels que la narirutine et la naringine, ainsi que de leurs composés aglycones.(B. Kumar et al., 2020)

1.6 D'autres types d'agrumes

Tableau 1 : Autres types d'agrumes.

Type	Origine
Le cedratier	Nord de l'Inde
Le Combava	Iles de la Sonde (Indonésie)
Le Kumquat	Sud de la Chine
Le Pomelo	Antilles
Le Limettier (Citron vert)	Sud-est Asiatique

1.7 Composition chimiques des agrumes

Les agrumes fournissent non seulement un apport suffisant en vitamines, minéraux, fibres alimentaires et pectines, mais ils contiennent également des composés phytochimiques actifs, notamment des composés phytophénoliques (par exemple, flavanones, flavones, flavonols, acides phénoliques, etc.).(Aruoma et al., 2012)

1.7.1 Composition chimique de l'Orange

Les agrumes sont une excellente source de fibres alimentaires, ce qui les classe comme des éléments essentiels pour la santé humaine.(Dongre et al., 2023)

La composition chimique du *C. sinensis* varie en fonction des cultivars, de l'année de récolte, des conditions de stockage après récolte, de la région de plantation, de la variété du fruit, de la partie du fruit, du climat et du degré de maturation.

Malgré cette variabilité, le fruit est riche en de nombreux phytoconstituants importants présents dans diverses parties du *C. sinensis*, notamment les feuilles, les graines, les fleurs, le jus et les écorces. Divers scientifiques ont étudié et rapporté plusieurs types de composés chimiques, tels que les huiles volatiles, les flavonoïdes (comme les flavanones, les glycosides de flavanones et les flavones polyméthoxylées), les glucides, les coumarines, les peptides, les acides gras, les stéroïdes, les alcanes, les hydroxyamides, les caroténoïdes, les carbamates, les vitamines et les alkylamines.(Dongre et al., 2023)

Le saccharose, le fructose et le glucose sont les principaux composants sucrés du jus d'orange.(Zhang et al., 2022)

En plus des sucres, le jus d'orange contient également des composés phénoliques, en particulier des flavonoïdes tels que l'hespéridine et la narirutine, qui sont présents en grande quantité. Ces composés phénoliques ont démontré diverses propriétés bénéfiques pour la santé.(Zhang et al., 2022)

1.7.2 Composition chimique du citron

Citrus. limon est réputé pour sa richesse en composés phytochimiques, qui incluent une gamme variée de substances allant des acides gras aux composés phénoliques et flavonoïdes tels que la catéchine, la rutine, l'hespéridine et la naringine, ainsi que de la pectine et des composés d'huiles essentielles tels que le limonène, l' α -terpinéol, le γ -terpinène, le 4-terpinéol, l' α -phellandrène, le β -myrcène, l' α -pinène, le β -linalol et l' α -sélinène. (Nodola et al., 2024b)

Ainsi que d'autres éléments nutritifs et non nutritifs tels que des vitamines, des minéraux, des fibres alimentaires, des huiles essentielles et des caroténoïdes.(González-Molina et al., 2010)

Leurs bienfaits et leurs propriétés favorables pour la santé sont attribués à leur composition, notamment la vitamine C et les flavonoïdes, reconnus pour leurs propriétés antioxydantes naturelle.(González-Molina et al., 2010)

1.7.3 Les vitamines des agrumes et leurs activités antioxydantes

Les vitamines sont des composés organiques essentiels pour le fonctionnement physiologique et la survie. Parmi les 13 types de vitamines, les agrumes renferment six d'entre elles, à savoir les vitamines A, B1, B2, B3, C et E . Plus spécifiquement, les vitamines A, C et E présentes dans les agrumes ont été étudiées pour leurs propriétés antioxydantes.(ALaqeel, 2023).

Le β -carotène, un composé de classe A, agit comme un antioxydant en neutralisant les radicaux libres et les radicaux peroxydes. Les agrumes contiennent également de la cryptoxanthine et des carotènes. Par exemple, Citrus sinensis Osbeck, une variété d'orange,

CHAPITRE 1

présente une teneur en vitamine A de 0,27 mg/kg, tandis que *Citrus reticulata* Blanco, une variété de mandarine, en contient 2,77 mg/kg.(ALaqeel, 2023)

L'acide ascorbique, mieux connu sous le nom de vitamine C ou ascorbate, est une vitamine hydrosoluble abondante dans les agrumes. On le trouve en grande quantité dans la pulpe et dans l'écorce des agrumes, les deux contenant des extraits de vitamine C(Yu et al., 2005) . La vitamine C, qui agit comme un piège à radicaux libres naturel, est efficace pour éliminer plusieurs types de ROS (espèces réactives de l'oxygène), réduire le soufre et éliminer l'O₂.

Les tocophérols et les tocotriénols sont des formes liposolubles de vitamine E. Les agrumes concentrent la plus grande quantité de vitamine E dans leurs écorces et leurs graines. La vitamine E protège les membranes cellulaires contre les dommages causés par la peroxydation lipidique.(ALaqeel, 2023).

1.7.2.1 Valeur nutritive du citron et de la lime

Tableau 2 : Valeur nutritive du citron et de la lime

	Citron sans écorce, 1 moyen (5,4 cm de diamètre)/60 g	Jus de citron frais, 63 ml (¼ tasse)/65 g	Jus de lime frais, 63 ml (¼ tasse)/65 g
Calories	17 g	16 g	16 g
Protéines	0,6 g	0,3 g	0,3 g
Glucides	5,4 g	5,6 g	5,5 g
Lipides	0,2 g	0,0 g	0,0 g
Fibres alimentaires	1,6 g	0,3 g	0,3 g

Source : Santé Canada. *Fichier canadien sur les éléments nutritifs*, 2010.(LIME, 2024)

1.8 Propriétés fonctionnelles des agrumes

Les agrumes présentent une gamme étendue de propriétés pharmacologiques, incluant des effets antioxydants, anti-inflammatoires, anticancéreux, antimicrobiens, cardioprotecteurs et neuroprotecteurs. Les composés bioactifs présents dans les agrumes ont montré leur efficacité dans la prévention et la gestion de maladies chroniques telles que les troubles cardiovasculaires, l'obésité, le diabète et certains types de cancer. En outre, les agrumes ont un impact positif sur la fonction immunitaire, la santé digestive, la santé de la peau et la fonction cognitive.(Nassarawa et al., 2024)

Ces bienfaits pour la santé sont attribués aux niveaux élevés de composés phytochimiques, notamment les flavonoïdes, présents dans ces fruits. En raison de la reconnaissance croissante de ces effets positifs sur la santé, en particulier de l'activité antioxydante associée à la consommation de fruits frais, la demande de jus de fruits frais a considérablement augmenté.(Loizzo et al., 2019)

En outre, les agrumes ont été utilisés comme herbes médicinales traditionnelles dans plusieurs pays asiatiques tels que la Chine, le Japon et la Corée. Neuf médicaments traditionnels chinois ont été enregistrés dans la Pharmacopée chinoise pour un usage médical approprié à partir de six espèces d'agrumes : *C. reticulata* Blanco, *C. medica* L. var. *sarcodactylis*, Swingle, *C. medica* L., *C. wilsonii* Tanaka, *Citrus aurantium* L. et *C. sinensis* Osbeck. Ces écorces ou fruits entiers, qu'ils soient mûrs ou immatures, sont réputés pour traiter l'indigestion, la toux, les inflammations cutanées, les douleurs musculaires et les infections par la teigne, ainsi que pour abaisser la tension artérielle.(Lv et al., 2015a)

1.8.1 Effet anti-cancer

Les agrumes sont riches en métabolites secondaires, notamment en flavonoïdes, limonoïdes et coumarines, qui ont été associés à une réduction du risque de cancer, incluant le cancer gastrique, de la tumorigenèse pulmonaire, de la tumorigenèse colique, de l'hépatocarcinogenèse et des tumeurs malignes hématopoïétiques.(Lv et al., 2015a).

L'huile d'orange et de citron contient des quantités substantielles de l'enzyme Glutathion S-transférase (GST) (enzyme de détoxification qui catalyse la réaction du glutathion avec des électrophiles dangereux pour former des composés moins toxiques et,

surtout, hydrosolubles, qui peuvent être facilement excrétés du corps). qui possède également une activité anticancéreuse.(Okwu, 2008a).

La pulpe d'agrumes et l'albédo (la partie blanche de l'orange) sont riches en glucarates. Ces substances font l'objet d'études approfondies pour leur potentiel dans la prévention du cancer du sein et pour réduire le risque et les symptômes du syndrome prémenstruel.(Okwu, 2008a).

1.8.2 Impact sur la glycémie

Les flavonoïdes présents dans les agrumes, tels que l'hespéridine, la naringine, la *néohespéridine* et la *nobilétine*, ont démontré une inhibition significative de la digestion de l'amidon catalysée par l'amylase. Plus précisément, la naringine et la *néohespéridine* ont principalement inhibé la digestion de l'amylose, tandis que l'hespéridine et la nobilétine ont inhibé à la fois la digestion de l'amylose et de l'amylopectine. Ces résultats indiquent que les flavonoïdes des agrumes jouent un rôle essentiel dans la prévention de l'hyperglycémie, en partie en se liant à l'amidon, en favorisant la glycolyse hépatique et l'accumulation de glycogène, tout en réduisant la gluconéogenèse hépatique.(Lv et al., 2015a).

1.9 Production mondiale des agrumes

Au cours de la dernière décennie, la production mondiale de fruits a connu une croissance continue, atteignant une valeur estimée à 909,6 millions de tonnes en 2021. Les agrumes représentent 18 % de la production totale de fruits, soit 161,8 millions de tonnes.(Ozdemirli & Kamiloglu, 2024)

Les oranges, mandarines, citrons, limes et pamplemousses sont parmi les principales cultures fruitières cultivées dans plus de 140 pays à travers le globe. Entre 2011 et 2019, la production mondiale de ces agrumes a augmenté de 13%, passant de 126 millions de tonnes à 143 millions de tonnes. En 2019, la moitié de cette production provenait d'Asie, suivie par l'Amérique du Sud (19%), l'Afrique et l'Amérique du Nord (10%), ainsi que l'Europe avec l'Amérique centrale (7%).(B'chir & Arnaud, 2023b)

Les oranges constituent la part la plus importante de la production d'agrumes, représentant 47 %, tandis que les citrons, y compris les citrons verts, en représentent également une part significative, soit 13 %.(Ozdemirli & Kamiloglu, 2024)

1.9.1 Production d'agrumes en Algérie

1.9.1.1 Aspect économique

Les données indiquent une augmentation significative de la production d'agrumes depuis la campagne agricole 1999/00. Cette augmentation est le résultat d'une expansion de la superficie totale consacrée à cette culture, qui a augmenté de 43% entre 1999/00 et 2015/16. En 2016, cette superficie s'élevait à 66 hectares, et une augmentation de rendement de 99,45% a été enregistrée, passant de 93,4 à 186,4 quintaux par hectare au cours de la même période.(Mimouni, 2023)

En Algérie, les cultures agricoles comprennent principalement les oranges, les mandarines, les clémentines, les citrons et les pomelos. En moyenne, les rendements de ces cultures se répartissent comme suit : 73,3% pour les oranges, 16,1% pour les clémentines, 6,4% pour les citrons, 4% pour les mandarines et 0,3% pour les pomelos.(Mimouni, 2023)

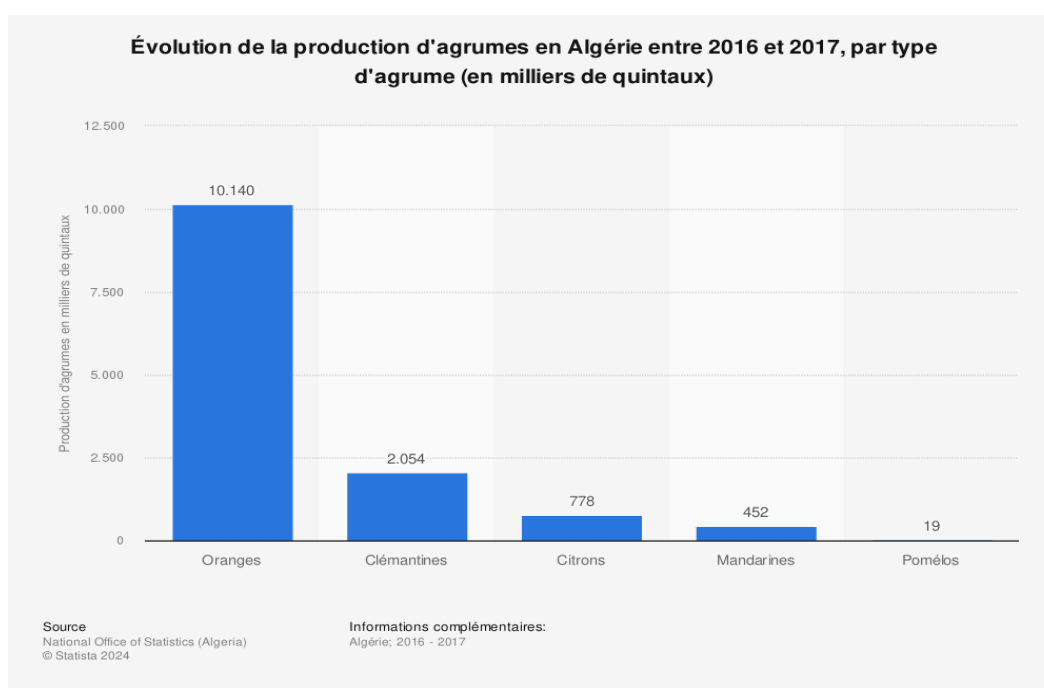


Figure 1 : Evolution de la production d'agrumes en Algérie (2026 2017), par type d'agrumes.

Cette donnée illustre la production d'agrumes en Algérie entre 2016 et 2017, ventilée par type d'agrumes. On constate que la production d'oranges s'est élevée à plus d'un million de quintaux lors de la saison 2016/2017, tandis que la production de citrons était d'environ 800 000 quintaux.

1.9.1.2 Aspect Agronomique

Les agrumes ne se développent pleinement que dans les climats subtropicaux, caractérisés par des températures variant généralement entre 10°C en moyenne durant l'hiver et 22°C en moyenne pendant l'été. Ces conditions climatiques sont réunies en Algérie, principalement dans les régions situées à moins de 400 mètres d'altitude.(Buffa et al., 1960)

- **Composition variétale et Age du verger agrumicole :**

Le verger agrumicole comprend différents groupes d'agrumes, en particulier ceux appartenant aux oranges et aux clémentines. La diversité des variétés dans le groupe des oranges est la plus importante (Tableau 3), avec une forte présence de variétés précoces telles que le Washington Navel et le Thomson Navel, représentant l'ensemble 50 % de la superficie couverte.(Kerboua, 2002)

Tableau 3 : Composition variétale des agrumes en Algérie.

Groupe	Surface	%
Oranges	28000	62,3
Clémentines et Mandarines	13700	30,4
Citrons	2800	6,2
Pomelos	150	0,4
Autres	350	0,7
Total	45000	100

CHAPITRE 1

En dépit des efforts de l'État visant à soutenir la filière agricole, le rythme de plantation et de renouvellement des vergers demeure négligeable. (Tableau 4)

Tableau 4 : Structure d'âge du verger agrumicole Algérien.

Tranche d'âge	Surface	%
1 à 10	6.000	13,3
11 à 30	15.000	33,3
31 à 50	20.000	44,5
Sup à 50	4000	8,9
Total	45000	100

1.10 Utilisation des agrumes :

Les variétés d'agrumes sont principalement consommées fraîches, transformées en jus, ou conservées sous forme de segments. En outre, elles sont largement utilisées dans les secteurs alimentaires, des boissons, cosmétique et pharmaceutique en tant qu'additifs, épices, ingrédients cosmétiques et médicaments chimiothérapeutiques.(Lv et al., 2015b)

Les agrumes sont consommés frais ou utilisés pour la production de produits transformés et de sous-produits dérivés des agrumes. Environ un tiers de la production totale d'agrumes est utilisé pour la transformation.(Okwu, 2008b)

1.10.1 Les agrumes destinés à la transformation

La production mondiale des agrumes destinée à la transformation dépasse les 40 % ; de plus, l'utilisation des agrumes s'étendent à leur jus, qui est utilisé comme arôme dans les boissons. Le produit transformé le plus important à base d'agrumes est le jus d'orange et de citron.

Ces derniers peuvent être présentés sous différentes formes ; les principaux types des jus sont le jus fraîchement pressé et le jus concentré surgelé.

Le jus est extrait des fruits frais et conditionné dans des cartons en papier, du verre ou des contenants en plastique, sans être pasteurisé. Le produit est clairement étiqueté et se trouve généralement dans le rayon des produits frais.(Okwu, 2008b)

1.10.2 Les huiles essentielles des agrumes

Les huiles essentielles d'agrumes sont un autre sous-produit des agrumes. Ce sont des huiles volatiles obtenues à partir des sacs de pelure des agrumes. Elles sont utilisées par l'industrie alimentaire pour donner du goût aux boissons et aux aliments. Elles sont également utilisées par l'industrie pharmaceutique pour la préparation de médicaments, de savons, de parfums et d'autres produits cosmétiques, ainsi que pour les produits de nettoyage domestique.(Okwu, 2008b).

CHAPITRE 2

Écorces d'agrumes

2.1 Généralités

Les agrumes constituent un genre important de la famille des Rutacées et leurs écorces sont utilisées à la fois dans l'alimentation et en phytothérapie. Cependant, la plupart des écorces d'agrumes sont rejetées comme déchets par l'industrie de transformation des fruits, ce qui entraîne une pollution de l'environnement. Les milliers de tonnes d'écorces générées lors de la transformation des jus d'agrumes sont généralement considérées comme des déchets agroindustriels et peuvent devenir une source de préoccupations économique. En 2002, le ministère chinois de la Santé a publié un « Avis sur la normalisation accrue de la gestion des matières premières alimentaires santé », qui stipulait que les écorces d'agrumes sont des articles à double usage, à la fois Utilisé comme médicament et comme aliment. (Wang et al., 2024)

Les oranges, pamplemousses, citrons, citrons verts, mandarines et mandarines ne sont que quelques-uns des agrumes couramment cultivés dans le monde. En raison de la demande croissante des consommateurs, la production d'agrumes augmente d'année en année. Les déchets d'agrumes sont constitués d'écorces et de pulpes non comestibles et sont générés en grande quantité lors de la transformation industrielle, représentant plus de 50 % du poids du fruit. Les écorces d'agrumes sont produites en grande quantité partout dans le monde et constituent une menace pour l'environnement dans de nombreuses régions. Souvent, ces fourrures sont jetées, ce qui entraîne des problèmes environnementaux. L'industrie agroalimentaire génère chaque année plus de 120 millions de tonnes de déchets provenant de l'industrie des agrumes, ce qui est le plus élevé par rapport aux autres fruits, environ 30 à 50%.(Nowalid et al., 2024a)

Les déchets d'écorces d'agrumes sont riches en composés phytochimiques bénéfiques pour la santé, tels que les polyphénols, qui possèdent des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes. La possibilité d'extraire et d'utiliser ces « déchets » profitera à la chaîne de valeur de l'industrie des agrumes, de l'agriculteur au consommateur. (Ogo et al., 2024)

2.2 Structure des écorces

L'exocarpe et le mésocarpe des agrumes sont respectivement nommés flavedo (la couche externe pigmentée) et albédo (la couche interne blanche), et constituent ensemble la peau, qui représente près de 50 % du poids frais du fruit.(Multari et al., 2021)

La figure 2 représente une coupe transversale d'une orange et on peut voir clairement les différentes couches d'écorces.

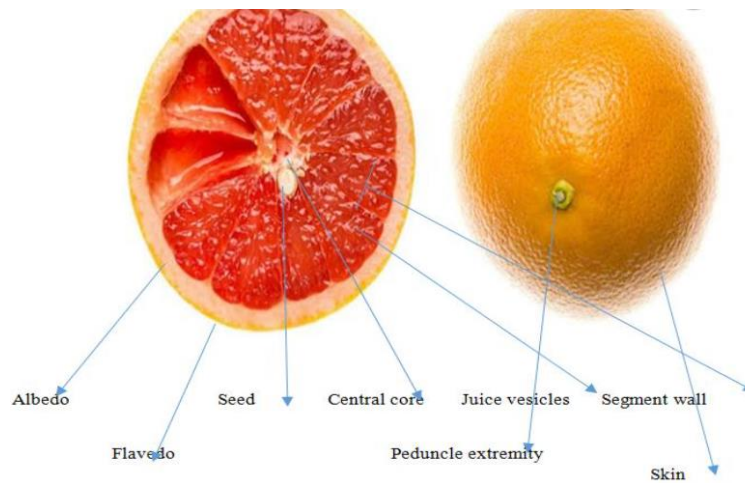


Figure 2: Structure de l'écorce de l'orange.

2.3Composition chimique

Les déchets d'agrumes sont composés de substances hautement bioactives et de produits phytochimiques, notamment d'huiles essentielles (HE), d'acide ascorbique, de sucres, de caroténoïdes, de flavonoïdes, de fibres alimentaires, de polyphénols et d'une gamme d'oligoéléments.(Maqbool et al., 2023)

Jusqu'à présent, environ 140 composés chimiques ont été isolés et identifiés dans les écorces d'agrumes. Les flavonoïdes constituent le groupe prédominant de composés bioactifs, remplissant diverses fonctions biologiques.(N. Liu et al., 2021)

Le flavedo et l'albedo contiennent des composants chimiques importants et fournissent des composés tels que des fibres alimentaires, des acides gras essentiels et divers composés phytochimiques. Flavedo se caractérise par la présence de grandes quantités de capsules d'huile contenant des composés organiques volatils, des caroténoïdes, des acides gras et des stérols. L'albedo est un tissu spongieux connu pour sa teneur élevée en pectine, hémicellulose et cellulose.(Multari et al., 2021)

2.3.1Composition chimique des écorces d'oranges

Les sous-produits de l'orange sont composés de 75 à 90 % d'humidité et contiennent divers composés précieux, tels que des polyphénols, des huiles essentielles, des caroténoïdes, des fibres alimentaires, de l'acide ascorbique, des sucres et certains oligo-éléments. Les

écorces d'orange, en particulier, sont principalement constituées de fibres, divisées en fibres solubles (pectine) et insolubles (cellulose, hémicellulose et lignine). Les glucides présents incluent des sucres réducteurs (fructose et glucose) et des sucres non réducteurs (saccharose). Les protéines, représentant entre 4 et 6 %, peuvent être récupérées et utilisées comme source alimentaire de protéines.

Les huiles d'orange, riches en composés aromatiques volatils, se trouvent en abondance dans les écorces et les graines. Dans la peau, ces huiles sont principalement situées à différentes profondeurs du flavedo et des cuticules, et sont libérées lors de l'écrasement des sacs huileux, notamment lors de la fabrication du jus. Les principaux acides gras contenus dans ces huiles sont les acides oléique, linoléique, linolénique, palmitique et stéarique. En outre, la pulpe contient du glycérol, des phytostérols et des phytostérolines.

Il est intéressant de noter que les écorces contiennent des quantités plus élevées de composés biologiquement actifs que la partie comestible de l'orange, notamment des polyphénols, principalement les acides phénoliques comme l'acide hydroxybenzoïque et l'acide hydroxycinnamique. (Cirrincione et al., 2024)

2.3.2 Composition chimique des écorces de citron

Les écorces de citron sont riches en composés phénoliques, notamment en flavonoïdes. Parmi les flavanones, on trouve l'héspéridine, la narirutine, la naringine et la naringénine. Les flavones comprennent des composés tels que la diosmine. Les analyses des écorces de citron révèlent les niveaux suivants : protéines (9,42 %), matières grasses (4,98 %), cendres (6,26 %), fibres (15,18 %). En ce qui concerne les minéraux, les écorces contiennent du sodium (755,5 mg/100 g), du potassium (8 600 mg/100 g), du calcium (8 452,5 mg/100 g), du cuivre (4,94 mg/100 g), du fer (147,65 mg/100 g), du magnésium (1 429,50 mg/100 g), du zinc (13,94 mg/100 g) et du phosphore (6 656 mg/100 g) (Fakoor Janati et al., 2012)

2.4 Valeur nutritive

Les écorces des agrumes renferment une concentration plus élevée de composés bioactifs par rapport aux autres parties des fruits. Des recherches ont prouvé que ces composés bioactifs présents dans les écorces possèdent diverses propriétés bénéfiques pour la santé, notamment des effets antioxydants, antidiabétiques, anticancéreux, antihypertenseurs, 6 hypocholestérolémiants, anticholinestérasiques et anti-inflammatoires. Parmi ces composés,

on trouve plusieurs flavonoïdes connus pour leurs effets médicaux, comme la nobiletine, la naringine, la naringénine, l'héspéridine, la narirutine.(Ademosun, 2024a)

On a signalé que les résidus de fruits possèdent des qualités nutritionnelles et fonctionnelles qui, si elles sont exploitées de manière appropriée pour en tirer de la valeur ajoutée, pourraient constituer un outil utile dans la lutte contre la malnutrition. De plus, les composés phytochimiques tels que les polyphénols sont réputés pour leur effet préventif contre diverses affections telles que les maladies cardiovasculaires, le cancer, le vieillissement, l'ostéoporose, le diabète sucré et les maladies neurodégénératives liées au stress oxydatif. Par ailleurs, les polyphénols présentent des caractéristiques de conservation des aliments et attirent une attention particulière en vue de leur application dans l'industrie alimentaire.(Ogo et al., 2024)

Les écorces d'agrumes sont riches en vitamine C, bénéfique pour le système immunitaire grâce à ses propriétés antioxydantes et sa capacité à stimuler la production de globules blancs. Les flavonoïdes présents dans l'écorce d'orange, notamment l'héspéridine, régulent l'activité des enzymes impliquées dans la production de médiateurs pro-inflammatoires, ce qui réduit l'inflammation. La naringine et la naringénine, abondantes dans ces écorces, possèdent également des propriétés anti-inflammatoires. Les caroténoïdes présents dans la peau des oranges éliminent les radicaux immunosuppresseurs et favorisent la production de molécules immunomodulatrices essentielles au bon fonctionnement du système immunitaire. D'autres composés polyphénoliques des écorces d'agrumes, tels que les anthocyanes, stimulent les cellules immunitaires en imitant des modèles moléculaires associés aux agents pathogènes. L'épigallocatechine-3-gallate, lorsqu'administrée, stimule la production d'IL-10 chez les globules blancs humains et améliore les symptômes des maladies auto-immunes chez les animaux de laboratoire. De plus, la quercétine supprime les cytokines pro-inflammatoires telles que l'IL-6 et l'IL-8, augmente l'activité phagocytaire des macrophages et renforce les activités des cellules tueuses naturelles chez la souris. Les flavonoïdes suppriment également la production de médiateurs inflammatoires tels que les *leucotriène* . (Ademosun, 2024a)

Les groupes hydroxyle phénoliques attachés à la structure cyclique des flavonoïdes sont bien connus pour leurs propriétés antioxydantes, agissant en capturant les radicaux libres, en inhibant l'oxydation des lipides ou en chélatant les ions métalliques. De plus, les flavonoïdes ont un impact sur la qualité des fruits en termes d'apparence, de goût et de valeur

nutritionnelle, tout en régulant efficacement de nombreuses maladies humaines grâce à leurs effets antioxydants, anti-inflammatoires et immunomodulateurs. En général, les flavonoïdes présents dans les agrumes se divisent en trois principales sous-classes : les flavanones, les flavones-glycosides et les flavones polyméthoxylées (PMF). Parmi les composés flavonoïdes importants des agrumes, on trouve notamment l'hespéridine, la nobiletine, la naringine et la néohespéridine. Il a été rapporté que l'un des PMF, la nobiletine, inhibe de manière efficace le TNF- α induit par le LPS dans les monocytes humains, démontrant ainsi un potentiel anti-inflammatoire. Une combinaison d'hespéridine, de nobiletine et de tangerétine a entraîné une amélioration synergique de l'activité anti-inflammatoire. La tangerétine et la nobiletine pourraient être bénéfiques en tant qu'agents anticancéreux cytostatiques, inhibant la prolifération des cellules cancéreuses humaines sans provoquer leur mort.(Chen et al., 2020)

2.5 Utilisation

2.5.1 Les écorces d'agrumes confites

Ils sont préparées par déshydratation osmotique, en plongeant les écorces dans une solution concentrée de saccharose, glucose, sirop de glucose ou sirop de maïs. Cette méthode permet de limiter les changements indésirables de couleur et de saveur, tout en préservant les nutriments précieux. Les écorces subissent de légères modifications de forme et de taille, ce qui leur donne l'apparence de produits frais. Le confisage augmente la stabilité et la durée de conservation des écorces en réduisant partiellement l'eau libre. En fonction des matériaux utilisés et des paramètres du procédé, les fruits confits peuvent être classés comme des aliments à teneur moyenne en humidité, avec une activité de l'eau comprise entre 0,65 et 0,90.(Witczak et al., 2017)

2.5.2 Colorants alimentaire :

L'intérêt croissant des consommateurs pour les produits naturels et écologiques a favorisé l'utilisation des écorces d'agrumes comme source de colorants alimentaires naturels. Ces écorces sont riches en caroténoïdes, des pigments naturels qui présentent une alternative intéressante aux colorants alimentaires synthétiques nocifs. Les oranges, par exemple, contiennent divers caroténoïdes comme la violaxanthine, la lutéoxanthine, la lutéine, la β -cryptoxanthine, l'anthéroxanthine, la mutatoxanthine et la zéaxanthine. Outre leur rôle colorant, ces composés ont également des bienfaits pour la santé

Les écorces d'agrumes comprennent deux types de pigments végétaux : les caroténoïdes liposolubles et les pigments jaunes hydrosolubles, selon leur polarité. Par exemple, le flavedo du citron contient des xanthophylles, responsables de sa couleur jaune typique, et des carotènes. Plusieurs recherches se sont penchées sur des méthodes d'extraction efficaces pour ces colorants, notamment l'extraction assistée par micro-ondes pour récupérer les pigments jaunes des écorces de citron. De même, la lutéine a été extraite des écorces de *Citrus reticulata* (kinnow), un pigment précieux conférant une couleur jaune à orange et ayant des propriétés antioxydantes

La teneur en caroténoïdes dans les aliments est classée en quatre catégories : faible, modérée, élevée et très élevée. Les écorces d'agrumes sont classées comme à faible teneur en caroténoïdes, avec $0,3 \pm 0,0 \mu\text{g/g}$ de β -carotène . En comparaison, les tomates, carottes et certaines plantes comme la mangue présentent des niveaux plus élevés de caroténoïdes

En plus des caroténoïdes, les zestes d'agrumes sont une source prometteuse d'autres colorants alimentaires. Un colorant alimentaire hydrosoluble et très stable, le jaune, a été extrait des zestes de citron à l'aide d'acétate d'éthyle, d'éthanol et d'eau dans un sonicateur. Ce pigment montre une stabilité à la lumière supérieure à celle de la curcumine, un des colorants naturels les plus stables dérivés du curcuma, et ses propriétés hydrosolubles augmentent ses applications potentielles dans l'industrie alimentaire. D'autres études ont exploré des méthodes économiques et pratiques pour l'extraction de ces colorants naturels des écorces d'agrumes pour des applications industrielles.(Wedamulla et al., 2022)

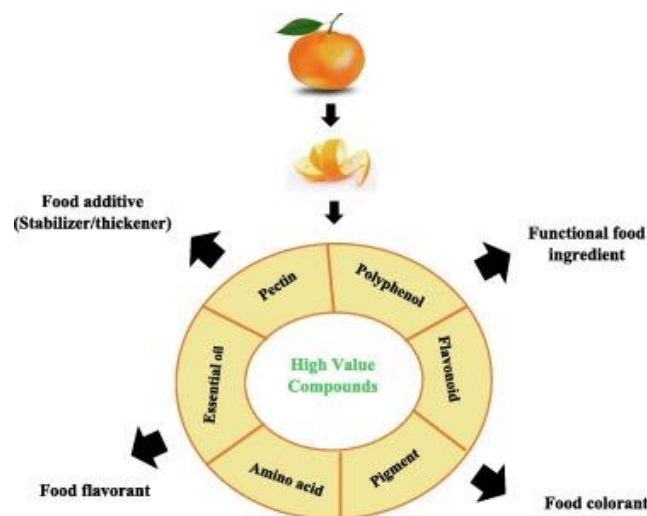


Figure3 : Applications industrielles des écorces d'agrumes

D'après les résultats actuels, il est conclu que l'incorporation de jusqu'à 3% de farine d'écorces d'agrumes dans la farine de blé est appropriée pour le développement de gâteaux présentant des attributs sensoriels acceptables. L'étude suggère que le mélange de farine fine avec de la poudre d'écorces d'agrumes peut aboutir à des gâteaux de qualité appréciable, enrichis en nutriments. L'ajout d'écorces d'agrumes entraîne une augmentation des teneurs en matières grasses brutes, en fibres brutes et en cendres, tandis que les teneurs en humidité et en protéines brutes diminuent. Les attributs organoleptiques des gâteaux à l'écorce d'agrumes, tels que la couleur, le goût, la texture et l'acceptabilité globale, varient de manière significative tout en restant dans une plage acceptable. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer l'impact de l'emballage et de la qualité nutritionnelle des gâteaux à l'écorce d'agrumes. De plus, des études futures devraient explorer la préparation de produits de boulangerie nutritifs combinant de la farine d'écorces d'agrumes avec d'autres céréales. Il est recommandé d'incorporer jusqu'à 3% de farine d'écorces d'agrumes dans les gâteaux.

2.6 Valorisation

La demande alimentaire mondiale est en augmentation principalement en raison de la croissance démographique et des indicateurs de la faim, ainsi que des défis liés à la nutrition aujourd'hui. Une solution prometteuse pour répondre à cette demande croissante consiste à développer des aliments à partir de sous-produits ou de déchets provenant de diverses industries agroalimentaires. La transformation de ces sous-produits en aliments fonctionnels offre non seulement une manière de réduire les déchets, mais aussi une stratégie efficace pour lutter contre la faim croissante.(Nowalid et al., 2024a)

Les écorces et les résidus d'agrumes sont riches en pectine, qui présente des propriétés hypoglycémiantes et hypocholestérolémiantes. Ainsi, valoriser ces déchets d'agrumes pour accroître la récupération de la pectine représente une stratégie à long terme pour favoriser une économie circulaire et réduire les déchets. La pectine est un hétéropolysaccharide largement répandu, composé d'acide D-galacturonique (GalA) lié en α -1,4 et associé à différents groupes acides tels que les méthoxysters, ainsi que certains sucres neutres comme le glucose, le rhamnose, la xylose, le galactose, le mannose, le fucose ou l'arabinose dans les chaînes latérales. Elle offre de nombreuses propriétés nutritionnelles et fonctionnelles et est largement utilisée dans l'industrie alimentaire, pharmaceutique, textile, cosmétique et des produits de soins personnels en raison de ses capacités gélifiantes, épaississantes et stabilisantes. La pectine présente également diverses propriétés physiologiques et biologiques telles que la

modulation du système immunitaire, l'induction de l'apoptose des cellules cancéreuses du côlon, l'amélioration de la sensation en bouche, le ralentissement de la vidange gastrique pour la gestion du poids corporel et la réduction du cholestérol, protégeant ainsi contre les maladies cardiovasculaires. Elle est également considérée comme un oligosaccharide émergent répondant aux critères des prébiotiques, contribuant à maintenir et à réguler la composition de la flore microbienne intestinale et la production d'acides gras à chaîne courte fécaux, ce qui favorise une réponse immunitaire contre les infections chroniques telles que celles causées par *Pseudomonas aeruginosa*.(Sharma et al., 2022b)

Comparée à d'autres sources de pectine comme les céréales et le soja, la pectine provenant des écorces d'agrumes présente une meilleure solubilité dans l'eau, une plus grande capacité de rétention d'eau (WHC) et une viscosité accrue. Ainsi, elle forme un lien plus fort avec l'eau dans la matrice alimentaire, réduisant ainsi la séparation de liquide pendant le stockage des aliments. Des études ont montré que dans les yaourts, la pectine issue des écorces d'orange stabilise les réseaux de caséine en se liant au calcium, améliorant ainsi la texture et 8 prolongeant la durée de conservation. En milieu industriel, la pectine est largement reconnue comme un additif alimentaire sûr (GRAS) pour la préparation de vinaigrettes, de boissons au yaourt, de gelées, de confitures, de pain, de boissons lactées aux fruits et de crème glacée en raison de sa stabilité émulsifiante exceptionnelle, de sa capacité de rétention d'humidité et de ses propriétés de dispersion à froid. L'élimination de ces déchets d'agrumes volumineux par enfouissement ou incinération entraîne une pollution environnementale et a des répercussions sur la santé humaine en raison de la charge microbienne pathogène dans l'air, ainsi que des pertes financières dues à une mauvaise gestion d'une bioressource potentielle.(Sharma et al., 2022b)

Les écorces d'agrumes ont été intégrées dans divers produits alimentaires tels que les boissons, les gâteaux, les biscuits, les yaourts, les nouilles et les glaces, ainsi que les confitures. La Food and Drug Administration des États-Unis a établi que l'utilisation d'écorces d'agrumes comme substances alimentaires directes est considérée comme sûre (GRAS). L'intégration d'écorces d'agrumes dans les céréales pour petit-déjeuner pourrait apporter certains avantages médicaux. Le petit-déjeuner étant un repas crucial, et les céréales pour petit-déjeuner étant une option très répandue, améliorer leurs propriétés médicinales avec des écorces d'agrumes, sans compromettre leurs propriétés sensorielles, pourrait transformer les céréales pour petit-déjeuner en un outil de nutrition fonctionnelle. Étant donné les avantages

médicinaux déjà reconnus des écorces d'agrumes, leur intégration dans les céréales pour petit-déjeuner pourrait contribuer à la gestion du poids et du cholestérol, à l'amélioration de l'humeur et à la modulation de l'inflammation.(Ademosun, 2024a)

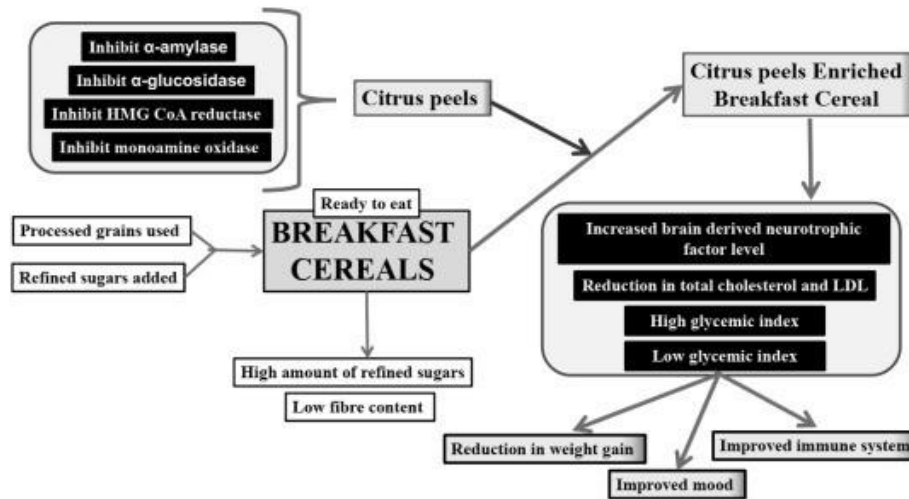


Figure 4: Avantages de l'incorporation d'écorces d'agrumes et de leurs propriétés médicinales dans les céréales de petit-déjeuner prêtes à consommer.(Ademosun, 2024a)

Les déchets d'écorces d'agrumes sont actuellement principalement utilisés dans l'alimentation animale, amendement organique du sol, substrat de compostage et matière première pour la production de bioéthanol et de biométhanol. Ils représentent une ressource à forte valeur ajoutée pouvant être transformée en divers produits utiles dans l'industrie alimentaire, tels que la pectine, les fibres alimentaires, les protéines et les acides gras. De plus, les déchets d'écorces d'agrumes présentent un potentiel pour l'extraction de flavonoïdes, d'agents bénéfiques et d'acide citrique, notamment dans les domaines cosmétique et pharmaceutique. Bien que la composition en macronutriments et le profil des acides aminés aient été étudiés dans une certaine mesure, l'utilisation des déchets d'écorces d'agrumes pour la culture de microalgues en vue d'améliorer leur teneur en protéines est encore à explorer. Cependant, l'utilisation directe des écorces d'agrumes présente des défis en raison de la présence de substances antinutritives. L'extraction partielle des acides aminés et la suppression des antinutriments pourraient atténuer ces limitations pour une utilisation plus efficace dans la culture de microalgues. (Koochi et al., 2023)

La qualité nutritionnelle exceptionnelle des sous-produits de fruits et légumes les rend adaptés à une variété de catégories alimentaires, notamment les produits de boulangerie et les confitures, en raison de leur profil nutritionnel supérieur. Les confitures sont des produits peu coûteux à produire, simples à préparer, à transporter et à stocker. L'incorporation d'écorces d'agrumes dans différents produits alimentaires, notamment les confitures, apporte des bénéfices appréciables. Par exemple, l'ajout d'écorces de citron sucrées à la confiture a été associé à une augmentation de la fermeté et de la mastication, contribuant ainsi à améliorer sa qualité.(Nowalid et al., 2024a)

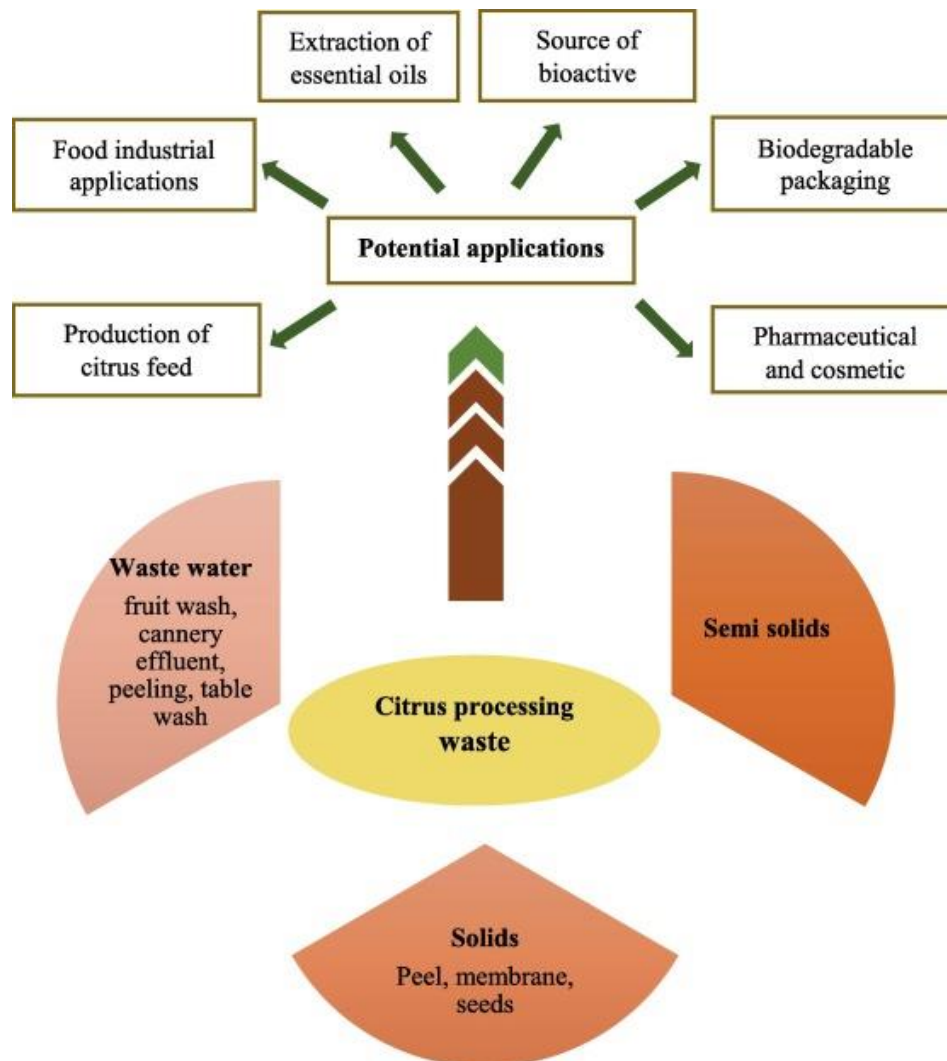


Figure 5 : Applications futures des écorces d'agrumes

PARTIE

EXPERIMENTALE

CHAPITRE 3

Matériels et méthodes

1. Objectif

L'objectif principal de ce travail est de traiter deux types d'écorces d'agrumes (l'orange de la variété Thomson et le citron) afin de déterminer leurs compositions, leurs bienfaits et leur valorisation en agroalimentaire.

Tout d'abord, nous avons préparé les échantillons (échantillonnage, séchage et broyage). Ensuite, nous avons procédé aux différentes analyses : analyses physicochimiques (détermination de la teneur en eau, de la matière minérale, de la teneur en sucre et de la vitamine C) et analyses phytochimiques, qui comprend la préparation de l'extrait en premier lieu, puis le dosage des polyphénols totaux.

2. Préparation de l'échantillon

2.1. Échantillonnage

Une quantité de 3,5 kg d'oranges (variété Thomson) et 3,0 kg de citrons a été récolté dans un champ à Boukhalfa, le 27 février 2024. Les fruits ont été lavé à l'eau du robinet puis séchés. Ensuite, ils ont été épluchés de manière à retirer uniquement la partie extérieure, en laissant la couche blanche intérieure intacte. Enfin, la masse des écorces obtenues a été pesé, avec un résultat de 380 g d'écorces d'oranges et 365 g d'écorces de citrons.



Figure 6. Epluchage des écorces d'agrumes (orange et citron)

2.2 Séchage

Les écorces ont été placées dans des barquettes en aluminium. Elles étaient ensuite séchées dans une étuve à 50°C pendant trois jours. Chaque 24 heures, les écorces ont été observées jusqu'à ce qu'elles soient complètement sèches. Une fois le séchage achevé, les écorces ont été pesées. Nous avons obtenu 180 g d'écorces d'orange et 160 g d'écorce du citron.



Figure 7. Séchage des écorces dans l'étuve à 50°C.

2.3. Broyage

Les écorces séchées ont été broyées à l'aide d'un mixeur électrique jusqu'à obtention d'une poudre. Cette poudre a ensuite été pesée. Les masses obtenues sont respectivement 120g pour les écorces d'orange et 100 g pour les écorces de citron. Enfin, les poudres ont été conservées dans des barquettes en aluminium, puis placées dans un congélateur à -18°C.



Figure 8. La poudre obtenue après broyage des écorces des deux types d'agrumes (orange et citron).

3. Analyses physicochimique (Chaque analyse a été réalisée en trois répétitions)

3.1. Détermination de la teneur en eau

3.1.1. Principe

La détermination du taux de matière sèche ou de la teneur en eau d'un échantillon est réalisée conformément à la norme internationale ISO 5534 (ISO, 2004). Pour ce faire, une masse précise de l'échantillon est placée dans une étuve chauffée à 105°C pendant 24 heures, jusqu'à ce que son poids atteigne un plateau constant. La différence de poids observée avant et après cette phase de dessiccation représente la perte d'eau, tandis que le poids final correspond à la quantité de matière sèche contenue dans l'échantillon.

3.1.2. Mode opératoire

5g de chaque de l'échantillon, à savoir la poudre d'écorce d'orange et de citron, sont déposés dans des barquettes en aluminium. Ces dernières sont ensuite placées dans une étuve à 105°C pendant 24 heures, jusqu'à ce que le poids se stabilise. La teneur en eau (X) est calculée soit par rapport à la base humide (bh), soit par rapport à la matière sèche (bs), en utilisant les formules suivantes :

$$X_{bh} = ((m_i - m_s) / m_i) \times 100 \text{ (Rédaction, 2024)}$$

$$X_{bs} = ((m_i - m_s) / m_s) \times 100.$$

Avec : **mi** : le poids des échantillons avant dessiccation, **ms** : le poids des échantillons après dessiccation.

3.2. Détermination de la matière minérale

3.2.1 Principe

Selon la méthode officielle AOAC 972.15 (AOAC, 2006), les échantillons (la poudre obtenue d'orange et du citron) sont exposés à une incinération dans un four à moufle, à une température de 550°C, pendant une durée de 5 heures. Pendant ce processus, la matière organique est brûlée et ce qui reste correspond à la matière minérale, qui se présente sous forme de cendres blanches.

3.2.2. Mode opératoire

Avant toute manipulation, les creusets sont préalablement pesés à vide pour obtenir leur masse initiale. Ensuite, 5g de chaque échantillon, qu'il s'agisse de poudre d'orange ou de citron, sont soigneusement placés dans les creusets préparés. Ces creusets contenant les échantillons sont ensuite introduits dans un four à moufle préchauffé à une température de 550°C et laissés à incinérer pendant une durée de 5 heures. Après la période d'incinération, les échantillons sont retirés du four et pesés à nouveau pour déterminer leur masse après la combustion. La teneur en cendres est alors calculée en utilisant la formule suivante :

$$\text{Teneur en cendres} = (\text{mc} / \text{mi}) \times 100,$$

Où **mc** : représente la masse des cendres obtenues et **mi** : correspond à la masse initiale des échantillons avant l'incinération.



Figure 9. Incinération des écorces d'orange et de citron.

3.3. Détermination de la teneur en sucre

3.3.1. Principe

Les sucres totaux sont mesurés à l'aide de la méthode (Du Bois et al., 1956), qui repose sur l'action de l'acide sulfurique concentré à chaud, induisant la libération de plusieurs molécules d'eau à partir des oses. Ce processus de déshydratation entraîne la formation d'hydroxyméthylfurfural pour les hexoses et de furfural pour les pentoses.

Ces composés réagissent ensuite avec le phénol pour former des complexes colorés jaune-orange. L'intensité de la coloration est directement liée à la concentration en oses. La DO est mesuré à 490nm au spectrophotomètre

3.3.2. Mode opératoire

Dans un premier temps, 500 mg de l'échantillon (poudre d'écorces d'orange et du citron), ont été mélangés à 500 ml d'eau distillée et agités pendant 15 minutes à l'aide d'un agitateur magnétique. Ensuite, dans des tubes, on ajoute 200 µl du mélange préparé auquel on mélange 200 µl de phénol à 5%. Après agitation, 1 ml d'acide sulfurique à 96% est introduit. Les tubes ainsi préparés sont ensuite placés dans un bain marie maintenu à 100°C pendant 5 minutes, puis laissés dans l'obscurité pendant 30 minutes. La lecture de l'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 490 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV/Vis.

Enfin, la teneur en sucres totaux est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage établie à différentes concentrations de glucose (solution mère :100 mg/L, solutions filles :5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L et 40 mg/L).

3.4. Détermination de la vitamine C

3.4.1. Principe

1 g de l'échantillon, constitué de poudre d'écorce d'orange et de citron, est mélangé à 10 ml d'acide oxalique à 1%. Le mélange est agité pendant 15 min, puis filtré. 3 ml du filtrat sont additionnés à 1ml de la solution de 2-6-dichlorophénolindophénol (DCIP). L'absorbance du mélange est mesurée à 515 nm. Les concentrations en acide ascorbique sont déterminées à partir de la courbe d'étalonnage en utilisant l'acide ascorbique comme standard et les résultats sont exprimés en mg EAA/100g d'extrait : (solution mère : 1mg/mL, solutions filles : 0.01mg/ml, 0.04 mg/ml, 0.06 mg/ml, 0.08 mg/ml, 0.1 mg/ml, 0.4mg/ml).

3.4.2. Mode opératoire

3 g de chaque échantillon, à savoir poudre d'écorce d'orange et du citron, sont combinés à 30 ml d'acide oxalique à 1%. Une agitation est effectuée pendant 15 minutes à l'aide d'un agitateur magnétique, suivie d'une filtration à travers un papier Wattman n°1. Ensuite, 3 ml du filtrat sont mélangés avec 1 ml de 2,6-dichlorophénolindophénol (DCIP).

L'absorbance de ce mélange est ensuite mesurée à une longueur d'onde de 515 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV/Vis.

La teneur en vitamine C est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage établie à différentes concentrations d'acide ascorbique : (Solution mère : 1 mg/ml, solutions filles : 0,01 mg/ml, 0,04 mg/ml, 0,06 mg/ml, 0,08 mg/ml, 0,1 mg/ml, 0,4 mg/ml).

4. Analyses phytochimiques

4.1. Préparation de l'extrait

4.1.1. Principe

L'extraction brute des échantillons étudiés est réalisée par macération. Ce processus d'extraction implique un simple contact entre la matière solide et le solvant. Pour ce faire, 5g de poudre ont été mélangés avec 100 ml de solvant d'extraction (éthanol à 96%). Ce mélange a ensuite été placé sous agitation magnétique à température ambiante pendant 24 heures. Après la période de macération, le mélange a été filtré à travers du papier filtre Wattman N°3. Le liquide filtré correspond à la fraction éthanolique ; puis la soumission des extraits dans le évaporateur rotatif jusqu'à disparition du solvant.

4.1.2. Mode opératoire

5g de l'échantillon sont mélangés avec 100ml d'éthanol à 96%. Ce mélange est laissé à agiter pendant 24 heures à température ambiante pour permettre la macération. Après cette période, le mélange est filtré à l'aide de papier Wattman pour en retirer les impuretés. Ensuite, les solutions filtrées sont introduites dans un évaporateur rotatif où de grandes quantités de solvant sont éliminées jusqu'à disparition complète du solvant. Le taux d'extraction est calculé selon la formule suivante : **Taux d'extraction (%) = $([P1 - P0] \times 100) / E$** , où : **P1** représente le poids de la matière sèche après évaporation, **P0** est le poids initial du ballon et **E** correspond au poids initial de l'échantillon en grammes (sous forme de poudre).



Figure 10. Différentes étapes de la préparation des extraits des deux types d'écorces (orange et citron).



Figure 11. Les extraits d'orange et du citron après passage dans l'évaporateur rotatif

4.2. Dosage des polyphénols totaux

4.2.1. Principe

La détermination de la teneur en polyphénols totaux est réalisée selon la méthode de dosage décrite par (Singleton & Rossi, 1965), qui utilise une méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu. Ce réactif acide jaune est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Lors de l'oxydation des polyphénols, ce réactif est réduit, formant un mélange bleu d'oxyde de tungstène et de molybdène. L'intensification de la couleur bleue et de l'absorbance est proportionnelle à la teneur en polyphénols totaux.

4.2.2. Mode opératoire

40 µl de l'extrait (d'orange et du citron) sont mélangés avec 200 µl de solution de Folin-Ciocalteu et 3,160 ml d'eau distillée. Ce mélange est ensuite agité dans un agitateur pendant 15 minutes, puis maintenu à température ambiante pendant 3 minutes. Par la suite, 600 µl de carbonate de sodium à 20% sont ajoutés au mélange. Le tout est chauffé dans un bain-marie à 40°C pendant 30 minutes pour permettre la réaction. Ensuite, la lecture de l'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV/Vis.

Une gamme étalon est réalisée en utilisant de l'acide gallique à des concentrations de 50 mg/L, 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L, 400 mg/L et 500 mg/L dans de l'éthanol. La teneur en phénols totaux est exprimée en gramme d'équivalent d'acide gallique (GAE) pour 100 g de poudre d'écorces.

Tableau 5. Appareils, verreries, solvants et réactifs utilisés dans ce mémoire

Appareils et verreries	Solvants et réactifs
Agitateur magnétique	2-6-Dichlorophénolindophénol (DCIP)
Bain marie	Acide Ascorbique
Balance de précision	Acide ascorbique
Balance électronique	Acide gallique
Barreaux aimantés	Acide oxalique
Béchers	Acide sulfurique (H ₂ SO ₄)
Burettes	Carbonate de sodium
Entonnoirs	Eau distillée
Éprouvettes graduées	Ethanol
Erlenmeyers	Folin-Ciocalteu
Étuve	Méthanol
Évaporateur rotatif	
Fioles jaugées	
Four à moufle	
Pipettes et micropipettes	
Spectrophotomètre UV/Vis	
Tubes à essai	

CHPITRE 4

Résultats et discussions

1. Analyse physicochimique

1.1.Détermination de la matière sèche et le taux d'humidité

Les résultats de la mesure du taux d'humidité et du taux de la matière sèche des échantillons des poudres d'écorces du citron et de l'orange, sont présentés dans la figure 08.

Le taux d'humidité constaté au niveau des écorces de citron est légèrement supérieur à celui trouvé dans les écorces d'orange, avec des teneurs variantes de $14,67\% \pm 1,5$ et $12,67\% \pm 1,5$. Ces résultats sont légèrement supérieurs à ceux trouvés par (Özcan et al., 2021), qui démontre que la teneur en eau au niveau des écorces d'orange était d'environ 11,35%, et 10,12% au niveau des écorces du citron.

En parallèle, la mesure du taux de la matière sèche pour les deux types d'écorces a montré aussi une légère différence. Il a été d'environ $14,52\% \pm 1,53$ pour les écorces d'orange, et environ $17,20\% \pm 1,60$ pour les écorces du citron. Ces résultats sont différents par rapport à ceux mentionnés par certains travaux précédents. (Bouhadi et al., 2016) ont trouvé une teneur en matière sèche d'environ 90,54% pour les résidus d'orange. Cependant, les travaux de (M'Hiri, 2015) ont révélé une teneur en matière sèche d'environ 7,31% pour les écorces d'orange du type « Thomson ».

Cette teneur intéressante en matière sèche pour les écorces des deux types d'agrumes permette une bonne valorisation ; la valorisation pour l'extraction et l'isolement de composés bioactifs destinés à leur utilisation dans les industries alimentaire. Cela en utilisant des solvants verts, qui peuvent être présents dans le produit final sans risque pour les consommateurs (Viñas-Ospino et al., 2023).

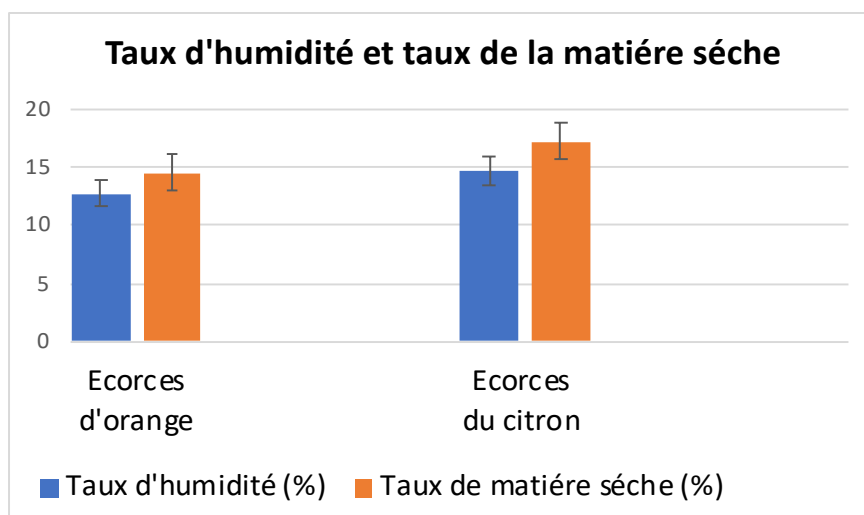


Figure 12. Teneur en matière sèche et le taux d'humidité en (%) des écorces des deux types d'agrumes utilisés, orange et citron.

1.2.Détermination de la teneur en cendre

Les résultats de la teneur en matière minérale mesurée sur des échantillons des poudres d'écorces du citron et de l'orange sont présentés dans la figure 09.

Nos résultats démontrent que, la teneur en matière minérale est presque la même dans les écorces des deux types d'agrumes, avec une teneur de $94,76\% \pm 0,29$ pour les écorces du citron, et $96,48\% \pm 0,01$ pour les écorces de l'orange. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par (Bouhadi et al., 2016), soit $96,78\%$ pour les écorces de l'orange. Mais très différents des autres travaux qui ont analysés plusieurs types d'écorces d'agrumes. Les résultats étaient variants entre 4% à 6,26%. (Janati et al., 2012) , (Magnago et al., 2020) ,(Marey & Shoughy, 2016).

La haute teneur en cendres d'un coproduit peut résulter d'une accumulation de matières minérales exogènes, telles que la contamination par de la terre due à un lavage insuffisant des fruits ou au séchage au sol de certains coproduits. Dans ces situations, il est pertinent de connaître la teneur en insolubles chlorhydriques du coproduit (Chapoutot et al., 2018).

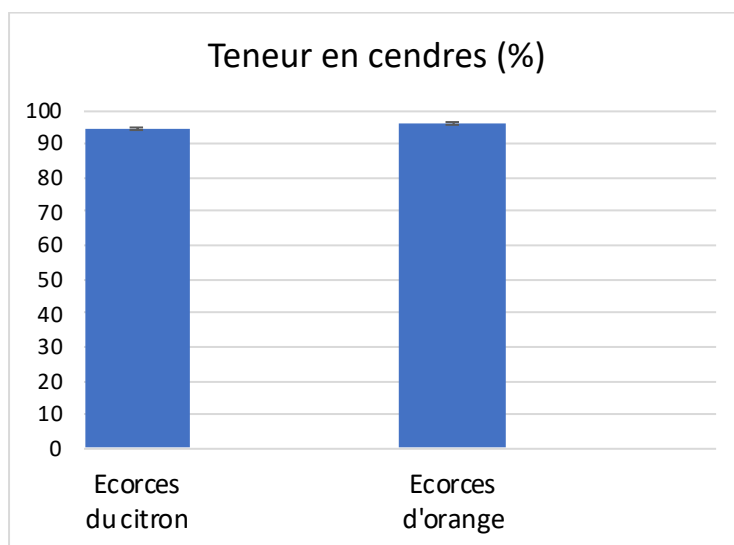


Figure 13. Teneur en matière minérale en (%) des écorces des deux types d'agrumes utilisés, orange et citron.

1.3. Détermination de la teneur en sucre totaux

Les résultats de la teneur en sucres totaux, mesurée sur des échantillons des poudres d'écorces du citron et de l'orange sont présentés dans la figure 10.

Cette teneur a été établie en se basant sur une courbe d'étalonnage réalisée avec différentes concentrations du glucose. Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent du glucose /500mg de la poudre d'écorce (la courbe d'étalonnage est présentée en Annexe1).

La teneur en sucres totaux trouvés dans les écorces des deux types d'agrumes utilisés était d'environ $25,4\text{mg/L} \pm 11,17$ pour les écorces du citron et $42,32\text{mg/L} \pm 11,18$ pour les écorces de l'orange. Ce dernier est proche des résultats trouvés par (Bouhadi et al., 2016) avec $51,1\text{mg/L}$, et ceux trouvés par (Djekrif-Dakhmouche et al., 2006), avec $44,6\text{mg/L}$ pour les écorces de l'orange.

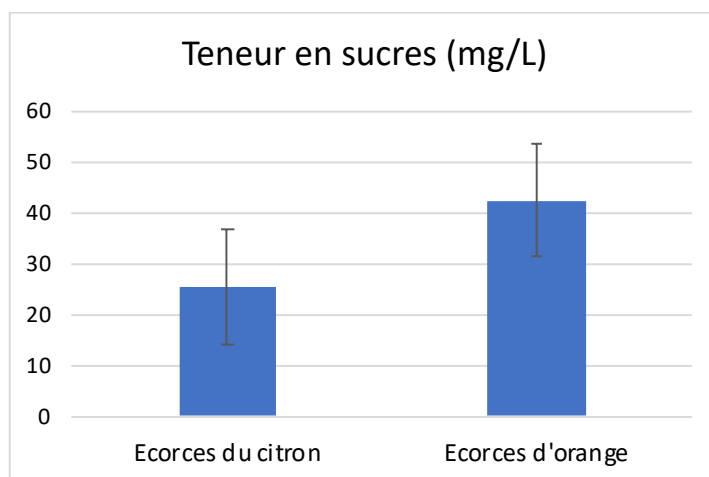


Figure 14. Teneur en sucres totaux (en mg/L) des d'écorces des deux types d'agrumes utilisés, orange et citron.

En examinant la composition chimique des résidus d'agrumes, notamment d'orange, nous constatons qu'ils constituent un milieu à haute valeur nutritive, contenant des sucres totaux, des sels minéraux ...etc. Par conséquent, les sous-produits d'agrumes sont souvent considérés comme un substrat de qualité pour les milieux de fermentation utilisés dans la production d'enzymes pectinolytiques (Bouhadi et al., 2016).

Plusieurs recherches ont expliqué la possibilité d'extraire de la nanocellulose par exemple, à partir des polysaccharides et des sucres présents dans les déchets de fruits, notamment les écorces d'orange et d'ananas afin de les valoriser. Ces techniques incluent des procédés enzymatiques, chimiques, mécaniques et chimio-mécaniques (Jayanthi et al., 2024).

La nanocellulose est utilisée comme additif alimentaire, notamment en tant qu'agent stabilisant, émulsifiant, épaississant, substitut de graisse/additif alimentaire faible en calories, exhausteur de texture et matériau d'enrobage alimentaire. De plus, il est employé dans les nutraceutiques comme agent porteur de composés bioactifs tels que la curcumine, les vitamines, les acides gras oméga-3, les minéraux, les acides aminés, les probiotiques, les polyphénols, les antioxydants, les micronutriments, les enzymes, les huiles essentielles, et autres. Cela permet de délivrer ces composés dans les systèmes biologiques de manière efficace (Perumal et al., 2022).

Grâce à leur excellente composition nutritionnelle, les sous-produits de fruits et légumes peuvent être intégrés dans diverses catégories alimentaires, notamment les produits de boulangerie et les confitures, en raison de leur profil nutritionnel exceptionnel.

Les confitures, en particulier, sont économiques à produire, faciles à préparer, à transporter et à stocker. L'incorporation d'écorces d'agrumes dans divers produits alimentaires, dont les confitures, a des effets bénéfiques. Par exemple, l'ajout d'écorces de citron sucrées dans la confiture améliore la fermeté et la texture, augmentant ainsi la qualité du produit. Cette pratique vise principalement à augmenter la valeur économique des déchets d'écorces d'agrumes et à réduire les déchets dans l'industrie des agrumes (Nowalid et al., 2024a).

La teneur importante des écorces des agrumes en sucres trouve son débouché aussi dans les préparations alimentaires. Des recherches récentes ont démontré que les sucres présents dans les écorces d'orange permettent de produire des bonbons, des produits de valeur pour l'industrie alimentaire. Ces bonbons sont comestibles, comme le montrent des évaluations sensorielles et des analyses chimiques. Ils possèdent le potentiel de devenir une matière première pour la transformation industrielle des aliments, constituant ainsi un produit économiquement viable. Ainsi, les écorces d'orange, riches en sucres totaux, possèdent un potentiel significatif pour devenir une matière première essentielle pour les industries de transformation alimentaire (Mohanta et al., 2021).

1.4 Dosage de la vitamine C

Les résultats de la teneur en vitamine C mesure sur les échantillons de poudre d'écorces d'oranges et de citrons sont présente dans la figure 15.

Cette teneur a été établie en se basant sur une courbe d'étalonnage réalisée avec différentes concentrations d'acide ascorbique. Les résultats obtenus sont exprimés en mg EAA/100g d'extrait.(voir annexe 2)

En effet nos résultats présents dans la figure 15 sont de l'ordre de (31.88mg/ml $\pm$ 1.32) pour le citron et de (38.80mg/ml $\pm$ 0.50) pour l'orange. Comme on peut le voir les écorces d'oranges sont plus riches en Vitamine C que les écorces de citron Cette différence est peut-être dû à la variation de granulométrie entre les écorces d'orange et ceux d citron.

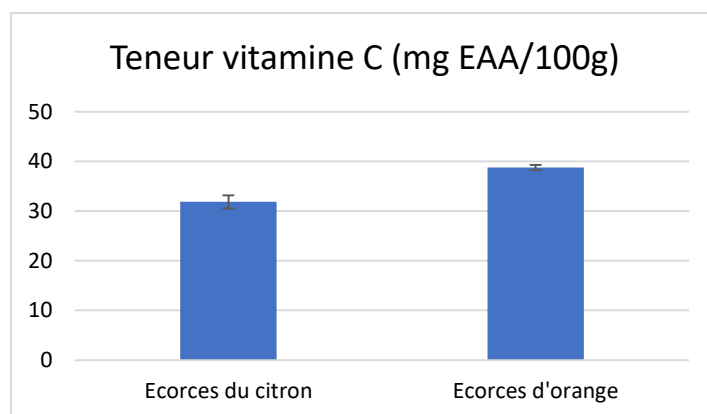


Figure 15 : Teneur en vitamine C

Nos résultats sont inférieurs à ceux obtenus par (Sir Elkhatim et al., 2018). En effet, la teneur en vitamine C des écorces de pamplemousse, d'orange et de citron était respectivement de 110,4 et 58,59 mg/100 g.

Ils sont aussi inférieurs aux résultats trouvés par (Barros et al., 2012) qui affirment que l'écorce d'orange de Pera présentait la teneur en acide ascorbique la plus élevée (68 mg/100 ml), tandis que l'écorce de citron vert de Tahiti avait la plus faible (8 mg/100 g).

Ces différences pourraient être attribuées aux variations des cultivars, aux stades de maturité et à d'autres facteurs environnementaux.

On remarque aussi que chaque étude a démontré la même chose en effet les écorces d'oranges ont une teneur plus élevée que les écorces de citrons en vitamine C.

(Barros et al., 2012) a démontré qu'en raison de leur richesse en acide ascorbique et en ses dérivés, les écorces d'agrumes sont utilisées pour inhiber la croissance bactérienne et prolonger la durée de conservation des boulettes de viande cuites, tout en exerçant une activité antioxydante. De plus, aucune bactérie lactique n'a été détectée dans les boulettes de viande contenant des extraits d'agrumes pendant la période de stockage, suggérant que ces extraits pourraient être particulièrement efficaces pour contrôler la croissance des bactéries lactiques durant cette période.

2 Analyse phytochimique

2.1 Dosage des polyphénols

Le dosage des phénols totaux a été effectué selon la méthode de Folin-Ciocalteu cette teneur a été calculé en se basant sur la courbe d'étalonnage réalisé a differents concentrations d'acide gallique (voir annexe 3)

Les résultats obtenus sont exprimés en g d'équivalent acide gallique (GAE) par 10g de poudre d'écorces.

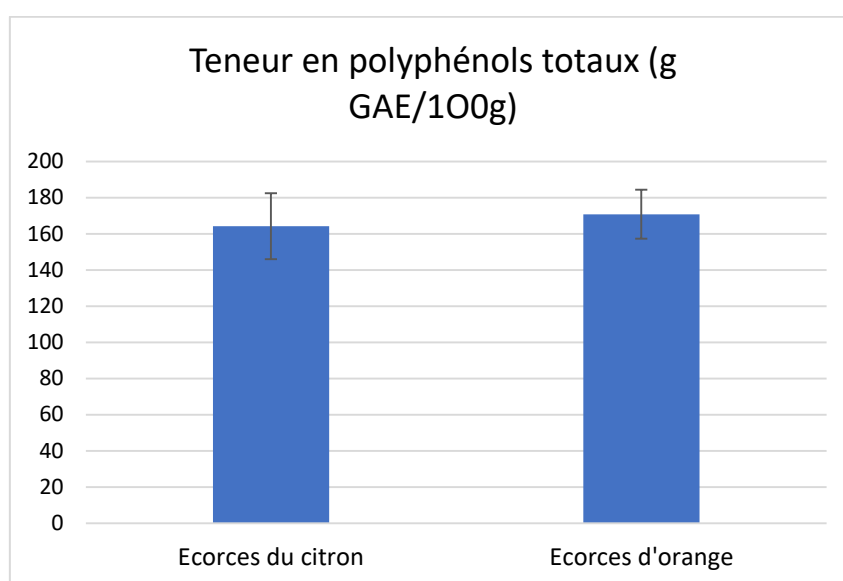


Figure16 : Teneur en polyphénols des écorces d'oranges et de citron

En effet nos résultats présents dans la figure 16 sont de l'ordre de (164,16 g GAE/100g $\pm$ 18.19) pour le citron et de (170,77 $\pm$ 13,58) pour l'orange. Comme on peut le voir les écorces d'oranges sont plus riches en polyphenols que les écorces de citron Cette différence est peut-être dû à la variation de granulométrie entre les écorces d'orange et ceux du citron.

La teneur en composés phénoliques totaux des écorces de l'étude de (Sir Elkhatim et al., 2018) était significativement plus élevée dans le citron, suivi de l'orange. Elle s'élevait respectivement à 49,8 et 35,6 mg d'équivalent acide gallique par gramme d'écorce de citron et d'orange. Ces résultats sont opposés aux nôtres. Tout comme les résultats trouve par (Li et al.,

2006) qui démontre que l'écorce de citron a le teneur en composées phénolique la plus élevée par rapport aux écorces d'oranges.

Cette différence peut-être dû à plusieurs facteurs extrinsèques tels que la méthode d'extraction et la nature du solvant utilise.

(Spinelli et al., 2018) ont enrichi la qualité nutritionnelle des burgers de poisson avec un extrait microencapsulé d'épicarpe d'orange puis ont évalué la bioaccessibilité des composés phénoliques, flavonoïdes et caroténoïdes. Ils observent une augmentation de la bioaccessibilité des composés bioactifs, concluant que l'enrichissement des hamburgers de poisson avec un extrait microencapsulé d'épicarpe orange est bénéfique car il augmente la qualité de la nourriture

Conclusion

Dans notre étude, nous avons focalisé sur l'analyse des caractéristiques physicochimiques des écorces, débutant par la teneur en matière sèche minérale, puis le dosage des sucres et la quantification de la vitamine C pour chaque écorce d'orange et de citron. Par la suite, après macération, nous avons utilisé l'extrait obtenu pour des analyses photochimiques, comprenant le dosage des polyphénols et l'évaluation de l'activité antioxydante pour chaque écorce.

L'analyse physicochimique a révélé que la teneur en matière sèche des écorces d'orange est supérieure à celle des écorces de citron. De plus, nous avons observé une teneur en cendres inférieure pour les écorces de citron par rapport à celles d'orange. En ce qui concerne la teneur en sucre, nous avons constaté une supériorité des écorces d'orange par rapport à celles de citron. On a aussi remarqué une teneur élevée en vitamine C dans les écorces d'oranges par rapport à celle trouvée dans les écorces de citron.

Pendant notre recherche l'analyse phytochimique a montré lors du dosage des polyphénols les mêmes résultats c'est à dire une teneur supérieure dans les écorces d'orange que dans les écorces de citron enfin les écorces d'orange présentent une activité antioxydante supérieure à celle des écorces de citron.

En conclusion nos recherches ont démontré que les écorces d'orange présentent une concentration plus élevée en composés bioactifs par rapport aux écorces de citron ce qui en fait le déchet le plus valorisé en agroalimentaire.

Perspectives :

- ✓ Étendre l'étude à d'autres types d'agrumes pour une comparaison plus large ; en effectuant des analyses similaires sur les écorces de pamplemousse, de mandarine, et d'autres agrumes.
- ✓ Dans les futures études, les étudiants pourront évaluer les propriétés antioxydantes des écorces sous différentes formes (fraîches, séchées, en poudre) ; en utilisant en développant des tests tels que le DPPH, le FRAP et l'ABTS.
- ✓ Effectuer des études sur l'activité antibactérienne des écorces d'agrumes.
- ✓ Investiguer les applications potentielles des écorces d'orange et de citron dans l'industrie agroalimentaire ; en élaborant des prototypes de produits tels que des boissons et des compléments alimentaires à partir des extraits d'écorces.

Conclusion

- ✓ Examiner l'effet synergique des différents composés bioactifs présents dans les écorces ; en utilisant des tests in vitro et in vivo pour évaluer les effets combinés sur la santé.
- ✓ Réaliser une analyse comparative plus détaillée des écorces d'orange et de citron ; en employant des techniques avancées telles que la chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) pour une quantification précise des composés bioactifs.
- ✓ Recherche Plus Approfondie sur les Applications Médicinales: Les composés bioactifs présents dans les écorces d'agrumes méritent une recherche plus approfondie pour évaluer leur potentiel thérapeutique. Cela inclut l'étude de leurs effets anti-inflammatoires, antimicrobiens et leur rôle potentiel dans la prévention de maladies chroniques telles que le cancer et les maladies cardiovasculaires

Références

A

Achard, C.-F., & A.D.E.M.A.M. (1785). *Dictionnaire de la Provence et du comte-Venaissin ... Par une société des gens de lettres (publ.) par A.D. E. M. A. M.)* 4 Vol. Jean Mossy.

Ademosun, A. O. (2024). Enrichment with citrus peels as a strategy for improving the health benefits and nutritional value of breakfast cereals : A review. *Human Nutrition & Metabolism*, 36, 200239. <https://doi.org/10.1016/j.hnm.2024.200239>

Adimas, M. A., & Abera, B. D. (2023). Valorization of fruit and vegetable by-products for extraction of pectin and its hydrocolloidal role in low-fat yoghurt processing. *LWT*, 189, 115534. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115534>

AE, R. (2024, janvier 30). Agrumes : La production augmente à plus de 18 millions quintaux. *Algerie Eco*. <https://www.algerie-eco.com/2024/01/30/agrumes-la-production-augmente-a-plus-de-18-millions-quintaux/>

AgriAlgerie. (2024, janvier 31). *La filière agrume se porte bien en 2023-2024, avec une production estimée à 1,8 million de tonnes – AgriAlgerie.com*. <https://www.agrialgerie.com/la-filiere-agrume-se-porte-bien-en-2023-2024-avec-une-production-estimee-a-18-million-de-tonnes/>

Agrumes : Volume de production par type Algérie 2016-2017. (s. d.). Statista. Consulté 3 avril 2024, à l'adresse <https://fr.statista.com/statistiques/990991/production-totale-d-agrumes-par-type-algerie/>

Al Riza, D. F., Yolanda, J., Tulsı, A. A., Ikarini, I., Hanif, Z., Nasution, A., & Widodo, S. (2023). Prédiction du niveau de maturité de la mandarine (*Citrus reticulata* Blanco cv. Batu 55) à l'aide de la spectroscopie combinée réflectance-fluorescence. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 302, 123061. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2023.123061>

ALaqeel, N. K. (2023). Antioxidants from different citrus peels provide protection against cancer. *Brazilian Journal of Biology*, 84, e271619. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.271619>

Albertini, L. (2013). *Essor de l'agriculture en Al-Andalus (Ibérie arabe) Xe – XIVe siècle* (p. 231 Le bigaradier). L'Harmattan.

Allais, D. (2009). L'oranger amer ou bigaradier. *Actualités Pharmaceutiques*, 48(488), 47-49. [https://doi.org/10.1016/S0515-3700\(09\)70388-X](https://doi.org/10.1016/S0515-3700(09)70388-X)

Amrouni, H. (2009). *Impact prévisible de l'adhésion de l'Algérie à la zone de libre échange Union Européenne/Pays méditerranéens sur la filière agrume « segment fruit frais »* [Thesis, INA]. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/291>

Arboriculture. (s. d.-b). Consulté 18 février 2024, à l'adresse <https://magriser.com/>

Aruoma, O. I., Landes, B., Ramful-Baboolall, D., Bourdon, E., Neergheen-Bhujun, V., Wagner, K.-H., & Bahorun, T. (2012). Functional benefits of citrus fruits in the management of diabetes. *Preventive medicine*, 54, S12-S16.

Aubert, B., & Vullin, G. (1997). *Pépinières et plantations d'agrumes*. Editions Quae.

Ayala, J. R., Montero, G., Coronado, M. A., García, C., Curiel-Alvarez, M. A., León, J. A., Sagaste, C. A., & Montes, D. G. (2021). Characterization of orange peel waste and valorization to obtain reducing sugars. *Molecules*, 26(5), 1348.

B

Baldwin, E. A. (1993). Citrus fruit. In G. B. Seymour, J. E. Taylor, & G. A. Tucker (Éds.), *Biochemistry of Fruit Ripening* (p. 107-149). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-1584-1_4

Barros, H. R. de M., Ferreira, T. A. P. de C., & Genovese, M. I. (2012). Antioxidant capacity and mineral content of pulp and peel from commercial cultivars of citrus from Brazil. *Food Chemistry*, 134(4), 1892-1898. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.090>

B'chir, F., & Arnaud, M. J. (2023a). Profil chimique et rendement d'extraction des huiles essentielles des écorces de *Citrus limon*, *Citrus aurantium* et *Citrus limetta* : Un bilan. In Atta-Ur-Rahman (Éd.), *Studies in Natural Products Chemistry* (Vol. 79, p. 135-204). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18961-6.00009-3>

Bolens, L. (1990). *La Cuisine andalouse, un art de vivre* (p. 261). Albin Michel.

Bonavia, E. (2017). *The Cultivated Oranges and Lemons, Etc. Of India and Ceylon*. Applewood Books.

Bouhadi, N., Nouani, A., Benmalek, N., & Benchabane, A. (2016a). Valorisation des sous produits d'agrumes : Production d'enzymes pectinolytiques par bioconversion. *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 2(1). <https://www.aljest.net/index.php/aljest/article/view/168>

Boyer, A. (1764). *The Royal Dictionary, French and English, and English and French : Extracted from the Writings of the Best Authors in Both Languages. Formerly Composed for the Use of His Late Royal Highness the Duke of Gloucester, by Mr. A. Boyer. Improved and Enlarged with a Great Number of Words and Phrases, Both English and French.* T. Osborne.

Buffa, A., Gironière, H. D. L., & Lemoine, J. P. (1960). L'industrie des agrumes en Algérie. *Fruits*, 15(9), Article 9.

C

Caisse, S. (2018, mai 14). *5 façons d'utiliser les agrumes dans la maison.* Véronique Cloutier. <https://veroniquecloutier.com/maison/top-v-5-facons-dutiliser-les-agrumes-dans-la-maison>

Chakroun, I., Bouraoui, Z., Ayachi, T., Hosni, K., Guerbèj, H., Snoussi, M., Jebali, J., & Gharred, T. (2023). Constituants phytochimiques et applications potentielles des extraits d'écorces d'orange Thomson Navel (*Citrus × aurantium* var. *sinensis* L.): Propriétés antioxydantes, antimicrobiennes et antiprolifératives. *Industrial Crops and Products*, 206, 117597. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117597>

Chapoutot, P., Rouillé, B., Sauvart, D., & Renaud, B. (2018). Les coproduits de l'industrie agro-alimentaire : Des ressources alimentaires de qualité à ne pas négliger. *INRAE Productions Animales*, 31(3), Article 3. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.3.2353>

Chen, Q., Wang, D., Tan, C., Hu, Y., Sundararajan, B., & Zhou, Z. (2020). Profiling of flavonoid and antioxidant activity of fruit tissues from 27 Chinese local citrus cultivars. *Plants*, 9(2), Article 2.

Cherry, P. S., Losséni, K. N., Alain, K. K. P., Jeanol, S. O. A., & Honora, B. F. (2020). Phytothérapie et prise en charge des séquelles des accidents vasculaires cérébraux en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 46, 8197-8211.

Chine, E. (s. d.). *Citrus aurantium*.

Cholmondeley, E. (1677). *Recipe book of Madam Eliza Cholmondeley [of Vale Royal]*.

CITRON ET LIME. (s. d.). LIFE STANCE CLUB SANTÉ ACADEMY. Consulté 20 avril 2024, à l'adresse <http://lifestance.eklablog.com/citron-et-lime-a114427402>

Cirrincione, F., Ferranti, P., Ferrara, A., & Romano, A. (2024). A critical evaluation on the valorization strategies to reduce and reuse orange waste in bakery industry. *Food Research International*, 187, 114422. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114422>

Codex 234 Methode D'analyse & D'echantillonnage | PDF | Légumes | Diététicien. (s. d.). Scribd. Consulté 8 mai 2024, à l'adresse <https://fr.scribd.com/document/498193739/Codex-234-Methode-d-Analyse-d-Echantillonnage>

Codex medicamentarius ... (1748).

Comment recycler les Épluchures d'agrumes ? • Greenr. (s. d.). *Greenr*. Consulté 5 mai 2024, à l'adresse <https://www.greenr.link/matiere-organique/epluchures-agrumes/>

Corriente, F. (2017). *Dictionnaire du faisceau dialectal arabe andalou : Perspectives phraséologiques et étymologiques*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.

Couic-Marinier, F., & Laurain-Mattar, D. (2021). L'essence d'Orange douce. *Actualités Pharmaceutiques*, 60(609), 59-61. <https://doi.org/10.1016/j.actpha.2021.06.039>

Curk, F., Ancillo, G., Ollitrault, F., & Perrier, X. (2015). Nuclear Species-Diagnostic SNP Markers Mined from 454 Amplicon Sequencing Reveal Admixture Genomic Structure of Modern Citrus Varieties. *PLOS ONE*, 10(5), e0125628. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125628>

Curk, F., Luro, F., Hussein, S., & Ollitrault, P. (s. d.). Origines des agrumes. In *Production d'agrumes*.

D

De Santis, D., & Frangipane, M. T. (2020). *Citrus aurantium* L. : Impact du cultivar sur le profil sensoriel. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 20, 100203. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100203>

Di Matteo, A., Di Rauso Simeone, G., Cirillo, A., Rao, M. A., & Di Vaio, C. (2021). Caractéristiques morphologiques, acide ascorbique et activité antioxydante lors de la

maturation des fruits de quatre citrons (*Citrus limon*(L.) Burm. F.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 276, 109741. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109741>

Djekrif-Dakhmouche, S., Gheribi-Aoulmi, Z., Meraihi, Z., & Bennamoun, L. (2006). Application of a statistical design to the optimization of culture medium for α -amylase production by *Aspergillus niger* ATCC 16404 grown on orange waste powder. *Journal of Food Engineering*, 73(2), 190-197.

Dongre, P., Doifode, C., Choudhary, S., & Sharma, N. (2023b). « Description botanique, composition chimique, usages traditionnels et pharmacologie de *Citrus sinensis* : Une revue mise à jour ». *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine*, 8, 100272. <https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2023.100272>

DuBois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. t, & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3), 350-356.

Duval, P., Chatelard-Chauvin, C., Gayard, C., Rifa, E., Bouchard, P., Hulin, S., Picque, D., & Montel, M. C. (2016). Microbial dynamics in industrial blue veined cheeses in different packaging. *International Dairy Journal*, 56, 198-207. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.01.024>

E

Eröffnete Akademie der Kaufleute: Oder vollständiges Kaufmanns-Lexicon: woraus sämtliche Handlungen und Gewerbe, mit allen ihren Vortheilen, und der Art, sie zu treiben, erlernet werden können. (1755). Bernhard Christoph Breitkopf.

F

Fakoor Janati, S. S., Beheshti, H., Feizy, J., & Fahim, N. (2012). Chemical composition of lemon and peels its considerations as animal food. *GIDA*, 37, 267-271.

Franck Curk, F. O. (2016). Phylogenetic origin of limes and lemons revealed by cytoplasmic and nuclear markers. *Annals of Botany*, 117(4), 565-583. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw005>

François, L. (2015). L'origine des agrumes : Leur évolution et la naissance des espèces cultivées. *Jardins de France*, 636, 35-37.

G

Gallesio, G. (1829). *Traité du citrus*. Fantin.

Gerbeaud. (2016, août 23). *Oranger*.

<https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/oranger,1789.html>

Gmitter, F. G., Chen, C., Nageswara Rao, M., & Soneji, J. R. (2007). Citrus fruits. *Fruits and Nuts*, 265-279.

González, B. (2023b, mars 2). *Transformation des agrumes*. MachinePoint Blog. <https://blog.machinepoint.com/fr/transformation-des-agrumes/>

González-Molina, E., Domínguez-Perles, R., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2010). Natural bioactive compounds of Citrus limon for food and health. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 51(2), 327-345.

H

Huet, R. (1982b). *Qualité et utilisation des divers extraits d'agrumes* (France) [Conference_item]. Session Européenne sur les Arômes Alimentaires, E3-82; CPCIA. <https://agritrop.cirad.fr/429538/>

I

ISO 5534 (ISO, 2004). - Recherche Google. (s. d.). Consulté 12 mai 2024, à l'adresse [https://www.google.com/search?q=ISO+5534+\(ISO%2C+2004\).&oq=ISO+5534+\(ISO%2C+2004\).&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIGCAEQRRg8MgYIAhBFGDwyBggDEEUYPNIBCTM2NzIqMGoxNagCCbACAQ&sourceid=chrome&ie=UTF-8#vhid=zephyr:0&vssid=atritem-https://cdn.standards.iteh.ai/samples/35249/6902cbab44f64ed3adcb92643f0bd9ba/ISO-5534-2004.pdf](https://www.google.com/search?q=ISO+5534+(ISO%2C+2004).&oq=ISO+5534+(ISO%2C+2004).&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIGCAEQRRg8MgYIAhBFGDwyBggDEEUYPNIBCTM2NzIqMGoxNagCCbACAQ&sourceid=chrome&ie=UTF-8#vhid=zephyr:0&vssid=atritem-https://cdn.standards.iteh.ai/samples/35249/6902cbab44f64ed3adcb92643f0bd9ba/ISO-5534-2004.pdf)

J

Janati, S. S. F., Beheshti, H. R., Feizy, J., & Fahim, N. K. (2012). *Chemical composition of lemon (Citrus limon) and peels its considerations as animal food*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20123398150>

Jayanthi, B., Vinoth, S., Hariharan, M., Raja, R. K., Kamaraj, C., & Narayanan, M. (2024). Valorization of agro-industry wastes for nanocellulose fabrication and its multifunctional applications. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 57, 103124. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103124>

JEANSON, P., & GIUMMELLY, P. (1991). Comparaison de différentes méthodes d'hydrolyse acide en vue du dosage des glucides totaux dans les sols. *Science du sol*, 2(9), 13-22.

Jie, Y., Shi, T., Yang, D., & Zhang, Z. (2024). Huile essentielle de *Citrus limon* Osbeck : Un produit naturel insecticide contre *Cryptolestes pusillus* SchÖnherr. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 27(1), 102203. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2024.102203>

Jing, J., Zhai, M., Dou, S., Wang, L., Lou, B., Yan, J., & Yuan, S. (2024). Optimizing the YOLOv7-Tiny Model with Multiple Strategies for Citrus Fruit Yield Estimation in Complex Scenarios. *Agriculture*, 14(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020303>

K

Kantar, S. E. (2018). *Valorisation des coproduits issus des industries d'agrumes : Extraction des molécules bioactives par des technologies innovantes* [Phdthesis, Université de Technologie de Compiègne ; Université Saint-Joseph (Beyrouth). Faculté des Sciences]. <https://theses.hal.science/tel-02139105>

Kerboua, M. (2002). L'agrumiculture en Algérie. *Proceedings of the Mediterranean research network on certification of citrus*, 21-26.

Klimek-Szczykutowicz, M., Szopa, A., & Ekiert, H. (2020). Citrus limon (Lemon) Phenomenon—A Review of the Chemistry, Pharmacological Properties, Applications in the Modern Pharmaceutical, Food, and Cosmetics Industries, and Biotechnological Studies. *Plants*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/plants9010119>

Kohli, D., Sundriyal, J., Kumar, S., Upadhyay, S., & Hussain, A. (2024). Investigating the antioxidant capacity of orange peel extract and its application in shelf-life extension of ghee. *Journal of Stored Products Research*, 107, 102349. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102349>

Koochi, Z. H., Jahromi, K. G., Kavooosi, G., & Ramezani, A. (2023). Fortification de *Chlorella vulgaris* avec acide aminé d'écorce d'agrumes pour améliorer la biomasse et la

qualité des protéines. *Biotechnology Reports*, 39, e00806.
<https://doi.org/10.1016/j.btre.2023.e00806>

Kopa, T. K., Tane, P., Wabo, H. K., Tala, M. F., Tchinda, A. T., Zofou, D., & Ning-Hua, T. (2016). Activité antiplasmodiale in vitro des composés isolés des écorces du tronc de *Vitex thyrsoiflora*. *Comptes Rendus Chimie*, 19(7), 807-811.
<https://doi.org/10.1016/j.crci.2015.10.007>

Kumar, B., Smita, K., Galeas, S., Sharma, V., Guerrero, V. H., Debut, A., & Cumbal, L. (2020a). Caractérisation et application de nanoparticules d'oxyde de fer biosynthétisées à l'aide d'écorces de *Citrus paradisi*: Une approche durable. *Inorganic Chemistry Communications*, 119, 108116. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2020.108116>

Kumar, S., Konwar, J., Purkayastha, M. D., Kalita, S., Mukherjee, A., & Dutta, J. (2023). Current progress in valorization of food processing waste and by-products for pectin extraction. *International Journal of Biological Macromolecules*, 239, 124332.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124332>

Kumquat : Le guide complet sur le plus petit des agrumes. (s. d.). Alex & Alex. Consulté 15 février 2024, à l'adresse <https://www.alexetalex.com/dossiers-fruits/route-des-fruits/kumquat/>

Kwon, S.-H., Ku, K. B., Le, A. T., Han, G. D., Park, Y., Kim, J., Tuan, T. T., Chung, Y. S., & Mansoor, S. (2024). Enhancing citrus fruit yield investigations through flight height optimization with UAV imaging. *Scientific Reports*, 14(1), Article 1.
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-50921-8>

L

La mandarine, un fruit tonus pour l'hiver. (2018, mai 14). <https://www.passeportsante.net/>.
<https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=mandarin>

Ladoh, Y. C. F., Dibong, S. D., Nyegue, M. A., Djembissi, T. R. P., Lenta, N. B., Mpondo, M. E., Yinyang, J., & Wansi, J. D. (2014). Activité antioxydante des extraits méthanoliques de *Phragmanthera capitata* (Loranthaceae) récoltée sur *Citrus sinensis*. *Journal of Applied Biosciences*, 84, 7636-7643.

L'Algérie et ses agrumes—Persée. (s. d.). Consulté 17 février 2024, à l'adresse https://www.persee.fr/doc/geoca_0035-113x_1969_num_44_1_2637

Les bienfaits des agrumes. (2016, septembre 19). *FFC*. <https://fedecardio.org/je-m-informe/les-bienfaits-des-agrumes/>

Les différents types d'agrumes—Jardiland. (s. d.-a). Consulté 15 février 2024, à l'adresse <https://www.jardiland.com/conseils-idees/differents-types-agrumes>

Liao, X., Huang, Q., Li, Y., Huang, S., & Tang, Q. (2020). Exploration on the Application of WeChat Official Accounts Platform in the Teaching Reform of Analytical Chemistry in Medical Universities. *Creative Education*, 11(08), 1462-1468. <https://doi.org/10.4236/ce.2020.118106>

LIME, C. E. (2024). CITRON ET LIME. *Mars*.

Liu, Y., Heying, E., & Tanumihardjo, S. A. (2012). History, Global Distribution, and Nutritional Importance of Citrus Fruits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(6), 530-545. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00201.x>

Loizzo, M. R., Sicari, V., Tundis, R., Leporini, M., Falco, T., & Calabrò, V. (2019). The Influence of Ultrafiltration of Citrus limon L. Burm. Cv Femminello Comune Juice on Its Chemical Composition and Antioxidant and Hypoglycemic Properties. *Antioxidants*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/antiox8010023>

L'origine des agrumes : Leur évolution et la naissance des espèces cultivées. (2017a, mai 25). *Jardins de France*. <https://www.jardinsdefrance.org/lorigine-des-agrumes-leur-evolution-et-la-naissance-des-especes-cultivees/>

Lu, X., Zhao, C., Shi, H., Liao, Y., Xu, F., Du, H., Xiao, H., & Zheng, J. (2023). Nutrients and bioactives in citrus fruits: Different citrus varieties, fruit parts, and growth stages. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(14), 2018-2041. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1969891>

Lu, X., Zhao, C., Shi, H., Liao, Y., Xu, F., Du, H., Xiao, H., & Zheng, J. (2023). Nutrients and bioactives in citrus fruits : Different citrus varieties, fruit parts, and growth stages. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(14), 2018-2041. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1969891>

Lv, X., Zhao, S., Ning, Z., Zeng, H., Shu, Y., Tao, O., Xiao, C., Lu, C., & Liu, Y. (2015a). Citrus fruits as a treasure trove of active natural metabolites that potentially provide benefits for human health. *Chemistry Central Journal*, 9(1), 68. <https://doi.org/10.1186/s13065-015-0145-9>

Lv, X., Zhao, S., Ning, Z., Zeng, H., Shu, Y., Tao, O., Xiao, C., Lu, C., & Liu, Y. (2015c). Citrus fruits as a treasure trove of active natural metabolites that potentially provide benefits for human health. *Chemistry Central Journal*, 9, 1-14.

Lyle, S. (2007). *Encyclopédie mondiale des fruits et des fruits secs* (p. oranger amer p. 143). de Vecchi.

M

Magnago, R. F., Costa, S. C., Assunção Ezirio, M. J. de, Godoy Saciloto, V. de, Cremona Parma, G. O., Gasparotto, E. S., Gonçalves, A. C., Tutida, A. Y., & Barcelos, R. L. (2020). Briquettes of citrus peel and rice husk. *Journal of Cleaner Production*, 276, 123820. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123820>

Malin, J. (2023a, décembre 28). *Kumquat : Culture, arrosage et entretien*. Jardiner Malin : jardinage et recettes de saison. <https://www.jardiner-malin.fr/fiche/kumquat.html>

Maqbool, Z., Khalid, W., Atiq, H. T., Koraqi, H., Javaid, Z., Alhag, S. K., Al-Shuraym, L. A., Bader, D. M. D., Almarzuq, M., Afifi, M., & AL-Farga, A. (2023). Citrus Waste as Source of Bioactive Compounds : Extraction and Utilization in Health and Food Industry. *Molecules*, 28(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/molecules28041636>

Marey, S., & Shoughy, M. (2016). Effect of Temperature on the Drying Behavior and Quality of Citrus Peels. *International Journal of Food Engineering*, 12(7), 661-671. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2015-0296>

Ménage, G., Jault, & Formey. (1750). *Dictionnaire étymologique de la langue françoise par M. Ménage, avec les Origines françoises de M. de Caseneuve, les Additions du R. P. Jacob et de M. Simon de Valhébert, le Discours du R. P. Besnier sur la science des étymologies et le Vocabulaire hagiologique de M. l'abbé Chastelain... Le tout mis en ordre, corrigé et augmenté par A. F. Jault,... Auquel on a ajouté le Dictionnaire des termes du vieux françois, ou Trésor des recherches et antiquités gauloises et françoises de Borel, augmenté des mots qui y étaient oubliés, extraits des dictionnaires de Monet et Nicot,...* Libr. Briasson.

Merlet, J. (1670). *Nouvelle Instruction pour connoistre les bons fruits*. Sercy.

Meryem, S., Mohamed, D., Nour-eddine, C., & Faouzi, E. (2023). Chemical composition, antibacterial and antioxidant properties of three Moroccan citrus peel essential oils. *Scientific African*, 20, e01592. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01592>

Mhamdi, H. (2011a, mai 18). Un aperçu sur la botanique des agrumes. *Maison des agrumes*. <https://maisondesagrumes.com/2011/05/18/botanique-des-agrumes/>

Mhamdi, H. (2011c, décembre 11). Un aperçu sur l'histoire des agrumes. *Maison des agrumes*. <https://maisondesagrumes.com/2011/12/11/lorigine-des-agrumes/>

M'Hiri, N. (2015). Étude comparative de l'effet des méthodes d'extraction sur les phénols et l'activité antioxydante des extraits des écorces de l'orange «Maltaise demi sanguine» et exploration de l'effet inhibiteur de la corrosion de l'acier au carbone. *Tunis: Université de Lorraine*.

M'hiri, N., Ioannou, I., Ghoul, M., & Boudhrioua, N. M. (2015). Proximate chemical composition of orange peel and variation of phenols and antioxidant activity during convective air drying. *Journal of New Sciences, AT*). <https://www.jnsiences.org/agri-biotech/40-volume-special-journees-scientifiques-de-l-inat/190-proximate-chemical-composition-of-orange-peel-and-variation-of-phenols-and-antioxidant-activity-during-convective-air-drying.html>

Mimouni, C. (2023). Plans de développement agricole en Algérie : Etat des lieux et leur impact sur la production agricole de 2000 à 2019. *Revue Finance & marchés*, 10(2), 121-142.

Mohanta, V., Mukherjee, I., & Chottopadhyay, J. P. (2021). Waste product utilization : Preparation of candy from orange (*Citrus sinensis*) peel. *Int. J. Agric. Appl. Sci*, 2(2), 114-119.

Mondello, L., Dugo, G., Dugo, P., & Bartle, K. D. (1996). Italian Citrus Petitgrain Oils. Part I. Composition of Bitter Orange Petitgrain Oil. *Journal of Essential Oil Research*, 8(6), 597-609. <https://doi.org/10.1080/10412905.1996.9701026>

mooh90. (2019c, septembre 4). Production des agrumes en Algérie. *Agronomie*. <https://agronomie.info/fr/production-des-agrumes-en-algerie/>

mooh90. (2019d, septembre 5). La composition chimique des agrumes. *Agronomie*. <https://agronomie.info/fr/la-composition-chimique-des-agrumes/>

mooh90. (2019e, octobre 24). Intérêt cultural et importance des légumineuses. *Agronomie*. <https://agronomie.info/fr/interet-cultural-et-importance-des-legumineuses/>

Multari, S., Guzzon, R., Caruso, M., Licciardello, C., & Martens, S. (2021). Alcoholic fermentation of citrus flavedo and albedo with pure and mixed yeast strains : Physicochemical characteristics and phytochemical profiles. *LWT*, 144, 111133. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111133>

Musara, C., Aladejana, E. B., & Mudyiwa, S. M. (2020). *Review of the nutritional composition, medicinal, phytochemical and pharmacological properties of Citrus reticulata Blanco (Rutaceae)* (9:1387). F1000Research. <https://doi.org/10.12688/f1000research.27208.1>

Mutin, G. (1969d). L'Algérie et ses agrumes. *Géocarrefour*, 44(1), 5-36. <https://doi.org/10.3406/geoca.1969.2637>

N

Nanocellulose : Recent trends and applications in the food industry. (2022). *Food Hydrocolloids*, 127, 107484. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107484>

Nassarawa, S. S., Dandago, M. A., Yusuf, H. L., Gambo, A., Isma'il Sanusi, N., Bako, H. K., Sulaiman, S. A., Mohammed, M., & Garba, U. (2024). Pharmacological Properties of Citrus Fruit. In A. K. Gupta, J. Kour, & P. Mishra (Éds.), *Citrus Fruits and Juice : Processing and Quality Profiling* (p. 109-132). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-99-8699-6_6

Nodola, P., Miya, G. M., Mazwi, V., Oriola, A. O., Oyedeji, O. O., Hosu, Y. S., Kuria, S. K., & Oyedeji, A. O. (2024a). Citrus limon Wastes from Part of the Eastern Cape Province in South Africa : Medicinal, Sustainable Agricultural, and Bio-Resource Potential. *Molecules*, 29(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/molecules29071675>

Nowalid, W. F. W. M., Hamid, H. A., & Giwa, S. H. (2024b). Development of citrus peel by-product as a slice jam by using two-level factorial design. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 8, 100196. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2024.100196>

Núñez-Gómez, V., San Mateo, M., González-Barrio, R., & Periago, M. J. (2024). Chemical Composition, Functional and Antioxidant Properties of Dietary Fibre Extracted from Lemon Peel after Enzymatic Treatment. *Molecules*, 29(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/molecules29010269>

O

Okwu, D. E. (2008b). Citrus fruits : A rich source of phytochemicals and their roles in human health. *Int. J. Chem. Sci*, 6(2), 451-471.

Ollitrault, P., & Navarro, L. (2012). Citrus. In M. L. Badenes & D. H. Byrne (Éds.), *Fruit Breeding* (p. 623-662). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9_16

Ouis, N., & Hariri, A. (2017c). Phytochemical analysis and antioxidant activity of the flavonoids extracts from pods of Ceratonia siliqua L. *Banat's Journal of Biotechnology*, 8(16), 93-104.

Özcan, M. M., Ghafoor, K., Al Juhaimi, F., Uslu, N., Babiker, E. E., Mohamed Ahmed, I. A., & Almusallam, I. A. (2021). Influence of drying techniques on bioactive properties, phenolic compounds and fatty acid compositions of dried lemon and orange peel powders. *Journal of Food Science and Technology*, 58(1), 147-158. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04524-0>

Ozdemirli, N., & Kamiloglu, S. (2024). Influence of industrial blanching, cutting, and freezing treatments on in vitro gastrointestinal digestion stability of orange (*Citrus sinensis* L.) and lemon (*Citrus limon* L.) peel polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(4), 2165-2173. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13101>.

P

Pamplemousse : Informations et actualités. (2016, octobre 13). Le Figaro Santé. <https://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/nutrition-aliments/pamplemousse/quels-bienfaits>

Parejo, I., Viladomat, F., Bastida, J., Rosas-Romero, A., Flerlage, N., Burillo, J., & Codina, C. (2002). Comparison between the Radical Scavenging Activity and Antioxidant Activity of Six Distilled and Nondistilled Mediterranean Herbs and Aromatic Plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(23), 6882-6890. <https://doi.org/10.1021/jf020540a>

Perumal, A. B., Nambiar, R. B., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2022). Nanocellulose : Recent trends and applications in the food industry. *Food Hydrocolloids*, 127, 107484.

Pojić, M., Kravić, S., Stojanović, Z., Nollet, L. M. L., & Toldra, F. (2015). Analytical Methods for Determination of Moisture and Ash in Foodstuffs. In *Handbook of Food Analysis* (Vol. 1, p. 275-296). CRC Press.

R

Rédaction. (2024, janvier 30). Saison agricole 2023/2024 : La production d'agrumes atteint 18 millions de quintaux. *La patrie news*. <https://lapatrienews.dz/saison-agricole-2023-2024-la-production-dagrumes-atteint-18-millions-de-quintaux/>

Register van alle de Soorten der voornaamste Vrugten : Dito een Register van alle de Saaden, behoorende tot de Moestuinery. (1703). DuVivier et Severinus.

Rey, A. (2011). *Dictionnaire Historique de la langue française*. NATHAN.

Richa, R., Kohli, D., Vishwakarma, D., Mishra, A., Kabdal, B., Kothakota, A., Richa, S., Sirohi, R., Kumar, R., & Naik, B. (2023d). Citrus fruit : Classification, value addition, nutritional and medicinal values, and relation with pandemic and hidden hunger. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100718. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100718>

Richelet, P. (1680). *Dictionnaire françois, contenant les mots et les choses plusieurs nouvelles remarques sur la langue françoise ... avec les termes les plus connus des arts & des sciences : Le tout tiré de l'usage et des bons auteurs de la langue françoise*. Chez Jean Herman Widerhold.

Role of Citrus Fruits in Health—ProQuest. (s. d.). Consulté 11 avril 2024, à l'adresse <https://www.proquest.com/openview/fa69ca54befdf9569e42488b6fa32d66/1?pq-origsite=gscholar&cbl=54977>

S

Sayah, M. Y., Taouda, H., Chabir, R., Yousfi, L. K., Derwich, E., Rodi, Y. K., Chahid, F. O., & Errachidi, F. (s. d.). *Valorisation des déchets industriels d'agrumes par l'extraction des huiles essentielles* *Valuation of industrial citrus waste by essential oils extraction*.

Schwob, R., & Huet, R. (1965). Valorisation des sous-produits d'agrumes. *Fruits*. <https://agritrop.cirad.fr/457896/>

Serge Cherry, P., N'gana Losséni, K., Kouassi Pierre Alain, K., Jeanol Duvalier, S., Amoin Gervaise, K., Kouamé Barthélémy, Y., Ehoulé, K., & Fezan Honora, T. B. (2020). Phytothérapie et prise en charge des séquelles des accidents vasculaires cérébraux en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 46(2), 8197-8211. <https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v46-2.4>

Serres, O. de. (1617). *Le théâtre d'agriculture et mesnage des champs*. chés Abr. Saugrain.

Sharma, P., Ruchika, Dhiman, P., Kumar, R., Saneja, A., & Singh, D. (2023). Une dispersion solide de biodéchets d'écorces de *Citrus reticulata* comme antiépileptique efficace : Approche durable vers la valeur ajoutée et la valorisation des déchets agro-industriels. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 81, 104238. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2023.104238>

Sharma, P., Vishvakarma, R., Gautam, K., Vimal, A., Kumar Gaur, V., Farooqui, A., Varjani, S., & Younis, K. (2022). Valorization of citrus peel waste for the sustainable production of value-added products. *Bioresource Technology*, 351, 127064. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127064>

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.

Singleton, W. S., Gray, M. S., Brown, M. L., & White, J. L. (1965). Chromatographically homogeneous lecithin from egg phospholipids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 42(1), 53-56.

Sir Elkhatim, K. A., Elagib, R. A. A., & Hassan, A. B. (2018). Content of phenolic compounds and vitamin C and antioxidant activity in wasted parts of Sudanese citrus fruits. *Food Science & Nutrition*, 6(5), 1214-1219. <https://doi.org/10.1002/fsn3.660>

SMATI, I., REBEY, I. B., HAMMAMI, M., HAMD AOUI, G., & TOUNSI, M. S. (s. d.). *Variation of the quality of lemon (Citrus limon L.) juice during stage of fruit maturity*
Variation de la qualité du jus de citron (Citrus limon L.) au cours de la maturation fruit.

Spinelli, S., Lecce, L., Likyova, D., Del Nobile, M. A., & Conte, A. (2018). Bioactive compounds from orange epicarp to enrich fish burgers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(7), 2582-2586. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8750>

T

Talon, M., Wu, G. A., Gmitter, F. G., & Rokhsar, D. S. (2020). Chapter 2—The origin of citrus. In M. Talon, M. Caruso, & F. G. Gmitter (Éds.), *The Genus Citrus* (p. 9-31). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812163-4.00002-4>

Transformation des agrumes. (s. d.). Consulté 18 février 2024, à l'adresse <https://www.alfalaval.fr/industries/agroalimentaire-produits-laitiers-et-boissons/transformation-des-boissons/production-base-de-fruits-et-legumes/transformation-des-agrumes/>

U

Unraveling the scientific perspectives of citrus by-products utilization: Progress towards circular economy. (2021). *Trends in Food Science & Technology*, 111, 549-562. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.018>

V

Viñas-Ospino, A., Panić, M., Bagović, M., Radošević, K., Esteve, M. J., & Radojčić Redovniković, I. (2023). Green approach to extract bioactive compounds from orange peel employing hydrophilic and hydrophobic deep eutectic solvents. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 31, 100942. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100942>

Visakh, N. U., Pathrose, B., Chellappan, M., Ranjith, M. T., Sindhu, P. V., & Mathew, D. (2022). Caractérisation chimique, activités insecticides et antioxydantes des huiles essentielles de quatre *Citrus* spp. Déchets d'écorces de fruits. *Food Bioscience*, 50, 102163. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102163>

W

Walter Reuther. (1968). *The Citrus Industry Volume 2* (p. p 346).

Wang, H., Wang, P., Wang, F., Chen, H., Chen, L., Hu, Y., & Liu, Y. (2024). Integrated HS-GC–IMS and UPLC–Q–Orbitrap HRMS-based metabolomics revealed the characteristics and

differential volatile and nonvolatile metabolites of different citrus peels. *Current Research in Food Science*, 100755. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100755>

Wedamulla, N. E., Fan, M., Choi, Y.-J., & Kim, E.-K. (2022). Citrus peel as a renewable bioresource : Transforming waste to food additives. *Journal of Functional Foods*, 95, 105163. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105163>

Witczak, T., Witczak, M., Stępień, A., Bednarz, A., & Grzesik, M. (2017). State diagrams of candied orange peel obtained using different hypertonic solutions. *Journal of Food Engineering*, 212, 234-241. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.06.007>

Wu, G. A., Prochnik, S., Jenkins, J., & Salse, J. (2014). Sequencing of diverse mandarin, pummelo and orange genomes reveals complex history of admixture during citrus domestication. *Nature Biotechnology*, 32(7), 656-662. <https://doi.org/10.1038/nbt.2906>

Y

Yao, Y., Li, Y., Zhao, L., Li, S., & Zhou, Z. (2023). L'huile essentielle de citron citron (*Citrus limon* (L.) Burm. F. Cv. Eureka) contrôle la moisissure bleue des agrumes en endommageant la membrane cellulaire de *Penicillium italicum*. *LWT*, 188, 115456. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115456>

Yu, J., Wang, L., Walzem, R. L., Miller, E. G., Pike, L. M., & Patil, B. S. (2005). Antioxidant Activity of Citrus Limonoids, Flavonoids, and Coumarins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 2009-2014. <https://doi.org/10.1021/jf0484632>

Z

Zema, D. A., Calabrò, P. S., Folino, A., Tamburino, V., Zappia, G., & Zimbone, S. M. (2018). Valorisation of citrus processing waste : A review. *Waste Management*, 80, 252-273. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.024>

Zhang, J., Zhang, J., Shan, Y., Guo, C., He, L., Zhang, L., Ling, W., Liang, Y., & Zhong, B. (2022). Effet du moment de la récolte sur la composition chimique et la capacité antioxydante de l'orange navel Gannan (*Citrus sinensis* Jus de L. Osbeck 'Newhall'). *Journal of Integrative Agriculture*, 21(1), 261-272. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63395-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63395-0)

Zhong, G., & Nicolosi, E. (2020). Citrus Origin, Diffusion, and Economic Importance. In A. Gentile, S. La Malfa, & Z. Deng (Éds.), *The Citrus Genome* (p. 5-21). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15308-3_2.

10-4-238-537.pdf. (s. d.). Consulté 9 juin 2024, à l'adresse <https://www.thepharmajournal.com/archives/2021/vol10issue5/PartI/10-4-238-537.pdf>

Annexes

Figure 1 : Courbe d'étalonnage du glucose pour le dosage des sucres totaux

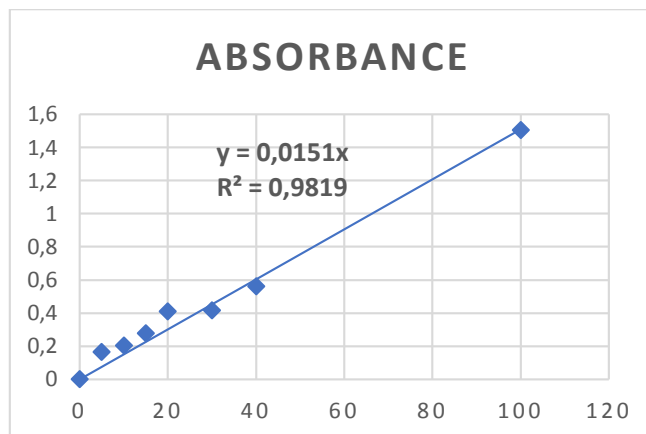


Figure2 : Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique pour le dosage de la vitamine C .

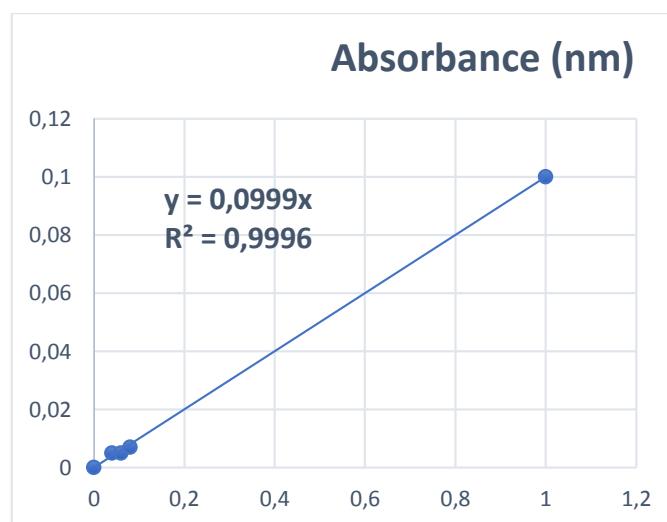


Figure 3 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols

