

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGR/2021

MEMOIRE MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Alimentaire

Spécialité : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

Présenté par :

MEZIANE Souhila & ADJRAD Sara

Thème

**Elaboration d'un aliment fonctionnel à base de déchets et
de pulpe de citrouille séchés**

Soutenu le : 15 /07/2021

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mme MAZRI Chafiaa</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Présidente</i>
<i>Mme FERHOUM Fatiha</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>
<i>Mme IAZZOURENE Ghania</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>

Année Universitaire : 2020/2021

Résumé

L'objectif principal de la présente étude est de valoriser les poudres de déchets et pulpe de citrouille séchés à l'air libre par l'enrichissement du pain de mie. Les déchets et la pulpe de citrouille sèches qui ont été utilisés pour compléter la farine de blé présentent respectivement les propriétés suivantes : humidité (8,66 ; 11,33), un PH (6,64 ; 6,30), acidité titrable (2,5 ; 1,6). Ils contiennent un taux de cendre (8,8 ; 10,8), polyphénols (0,146 ; 0,110), flavonoïdes (0,089 ; 0,505) et caroténoïdes (443,09 ; 367,53). Ils ont une activité antioxydante importante (90,26 ; 71,4). Les poudres utilisées à 5, 10 et 15% pour enrichir la farine de blé ont des effets sur les caractéristiques physico-chimiques, boulangères, sensorielle, de couleur et qualité de cuisson pour les différents échantillons de pain de mie. D'autre part, on a déterminé une quantité importante des composés bioactifs : les caroténoïdes totaux, les polyphénols, les flavonoïdes et le taux de gluten des pains de mie à la poudre de citrouille.

Mot clé : valorisation, enrichir, citrouille, pulpe, pain de mie, caroténoïdes

Abstract

The main objective of the present study is to valorize the powders of pumpkin waste and pulp, dried in the open air by the enrichment of the sandwich bread. The dry pumpkin waste and pulp which have been used to supplement wheat flour have the following properties, respectively: moisture (8.66; 11.33), PH (6.64; 6.30), titratable acidity (2.5; 1.6). They contain a rate of ash (8.8; 10.8), polyphenols (0.146; 0.110), flavonoids (0.089; 0.505) and carotenoids (443.09; 367.53). They have significant antioxidant activity (90,26; 71,4). The powders used at 5, 10 and 15% to enrich the wheat flour have effects on the physicochemical, baking, sensory, color and baking quality characteristics for the different samples of sandwich bread. On the other hand, we determined a significant amount of bioactive compounds: total carotenoids, polyphenols, flavonoids and the gluten content of pumpkin powdered sandwich breads.

Keyword: valorization, enrich, pumpkin, pulp, sandwich bread, carotenoids

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تقييم مسحوق قشور و لب اليقطين المجفف في الهواء الطلق عن طريق إثراء خبز الساندويتش. قشور ولب اليقطين الجاف التي تم استخدامها لتكملة دقيق القمح لها الخصائص التالية ، على التوالي: الرطوبة (8.66؛ 11.33) ، الأس الهيدروجيني (6.64؛ 6.30) ، الحموضة القابلة للمعايرة (2.5 ؛ 1.6) تحتوي على معدل الرماد (8.8 ؛ 10.8) ، البوليفينول (0.146 ؛ 0.110) ، الفلافونويد (0.089 ؛ 0.505) والكاروتينات (367.5 ؛ 443.09) لديهم نشاط كبير مضاد للأكسدة (90,26; 71,4) المساحيق المستخدمة من 5 و 10 و 15 ٪ لإثراء دقيق القمح لها تأثيرات على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والخبز والحسية واللون وجودة الخبز للعينات المختلفة من خبز الساندويتش من ناحية أخرى ، حددنا كمية كبيرة من المركبات النشطة بيولوجياً: الكاروتينات الكلية ، البوليفينول ، الفلافونويد ومحتوى الغلوتين في خبز شطيرة اليقطين

الكلمات الرئيسية : استعادة ، إثراء ، قرع ، لب ، خبز شطيرة ، كاروتينات

Remerciement

Avant tout, nous remercions le Bon Dieu de nous avoir donné la santé, la volonté, La force, le courage et la patience pour réaliser ce travail.

*Nous adressons en particulier nos remerciements à notre promotrice **M^{me} FERHOUM Fatiha** qui nous a fait un grand honneur en dirigeant ce travail et en nous guidant tout au long de sa réalisation. Nous vous remercions de votre bienveillance et votre confiance. Veuillez trouver ici le témoignage de nos remerciements les plus sincères.*

*Nos remerciements s'adressent également à **M^{me} MAZRI Chafiaa** pour l'honneur qu'elle nous fait de présider le jury et d'évaluer ce travail, **M^{me} IAZOUREN Ghania** d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nos plus vifs remerciements s'adressent à l'ensemble du personnel du laboratoire 10 de **l'Université Akli Mouhend Oulhadj** de Bouira pour leur entière disponibilité, coopération ainsi pour l'ambiance et les bonnes conditions, précisément **M^{elle} KASSOUAR Sabrina**, **M^{elle} SAADA Ilham** et **M^{elle} DJOUAHRA Monia**.*

*Nous remercions l'ensemble du personnel de laboratoire d'hygiène de Bouira « **EPSP** » pour leurs patiences et leurs précieuses aides pendant la réalisation de ce travail.*

Nous remercions tous ceux qui nous ont rendu service et ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail :

*A la source de la tendresse, celle qui m'a donnée la vie « **Ma Mère** » qui me donne le courage éclatant pour continuer à chaque fois que j'ai l'impression de reculer, que dieu la garde et la protège.*

*A « **Mon Père** » qui nous a quitté très tôt malheureusement, je ne t'oublierai jamais.*

*« **Repose en paix** ».*

*A mes chères frères, sœurs « **Yahia, Foudil, Djamila, Fadila et Sonia** », ma belle-sœur « **Dania** » et mon fiancé « **Fayçal** » que dieu les gardent pour moi.*

*A toute la famille « **Meziane** ».*

*A mon très cher binôme dans ce travail, mon amie « **Sara** » et sa famille, en particulier ma Chère tante « **Houria** »*

A tous ceux qui m'aiment, a tous ceux que j'aime.

Souhila.

Dédicace

Avec un énorme plaisir et un cœur ouvert et une immense joie, je dédie ce travail :

*A la source de tendresse « **Ma mère** » pour sa gentillesse, sa douceur, pour son affection, son amour, ses sacrifices et qui m'a appris que la patience est le secret du succès. Que dieu la garde et la protège.*

*A mon très cher « **père** » pour sa confiance ses encouragements et son soutien dans toute ma carrière d'études dès le premier pas jusqu'à ce jour-là. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*A mon cher frère « **Nassim** », et ma petite sœur « **Meriem** »*

*A toute la famille « **Adjrad** » et « **Daoudi** ».*

*A mon très chère binôme « **Souhila** » et sa famille en particulier ma chère tante « **Megdouda** ».*

*Pour mes chères amies et sœurs « **Amira, Soumia, lylia, et yasmine** ».*

A tous mes amis et toute la promo TAA 2021

A tous ceux qui m'aiment,

A tous ceux que j'aime.

Sara.

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Chapitre I : la citrouille

I.1. Cucurbitacées	3
I.1.1. Définition	3
I.1.2. Historique	3
I.1.3. Importance économique	3
I.1.4. Principales espèces et variétés de cucurbita	4
I.2. La citrouille	4
I.2.1. Définition	4
I.2.2. Aperçu mondial de la citrouille	4
I.2.2.1. En Afrique	5
I.2.2.2. En Algérie	6
I.2.2. Caractères botaniques et aspects descriptifs	6
I.2.2.1. La plante	6
I.2.2.2. Les fruits	6
I.2.2.3. Les graines	6
I.3. Culture	7
I.4. Classification de la citrouille	7
I.5. Déchets de la citrouille	8
I.6. Composition chimique	8
I.6.1. Caroténoïdes	9
I.6.2. Vitamines	10
I.6.3. Composés phénoliques	10
I.6.4. Protéines	10
I.6.5. Lipides	11
I.6.6. Minéraux	11
I.7. Utilisation alimentaire de la citrouille	11

I.8. Effets Thérapeutique	12
I.8.1. Effet antidiabétique	12
I.8.2. Effet antioxydant.....	12
I.8.3. Effet anti inflammatoire	12
I.8.4. Effet anticancérigène.....	12
I.8.5. Effet antimicrobien	13

Chapitre II : les caroténoïdes

II.1. Généralités	14
II.2. Définition.....	14
II.3. Source des caroténoïdes.....	14
II.3.1 Micro-organismes	14
II.3.2. Fruits et légumes.....	15
II.3.3. Animaux	16
II.3.4. Les algues marines.....	16
II.4. Classification des caroténoïdes.....	16
II.5. Propriétés biologiques	16
II.6. Structure chimique.....	17
II.7. Biosynthèse des caroténoïdes	17

Chapitre III : matériels et méthodes

III.1. Préparation de la matière première.....	19
III.2. Analyses physico-chimiques	20
III.2.1 Détermination de la teneur en eau	20
III.2.2. Détermination de l'acidité titrable	20
III.2.3. Détermination du pH.....	21
III.2.4. Détermination de la teneur en cendres	21
III.2.5. Détermination des composés phénoliques.....	22
III.2.5.1. Préparation des extraits.....	22
III.2.5.2. Détermination de la teneur en polyphénols totaux	22
III.2.5.3. Détermination de la teneur en flavonoïdes	22
III.2.6. Détermination de la teneur en caroténoïdes totaux	23
III.2.7. Evaluation de l'activité antioxydante	23
III.2.8. Détermination de la teneur en lipides	24
III.2.9. Détermination de la teneur en protéines	25
III.2.10. Détermination de la teneur en glucides	25
III.3. Analyses microbiologiques	27

III.3.1. Préparation des dilutions	27
III.3.2. Germes aérobies à 30°C	27
III.3.3. Recherche et dénombrement des germes Sulfito-Réducteurs	28
III.3.4. Recherche et dénombrement des staphylocoques à coagulase	28
III.3.5. Recherche et dénombrement des salmonelles	29
III.3.6. Recherche et dénombrement des Coliformes fécaux	29
III.3.6.1. Recherche et dénombrement de d'Escherichia coli	30
III.3.7. Recherche et dénombrement des levures et moisissures	30
III.4. Préparation du pain de mie	31
III.4.1. Analyses physicochimiques du pain de mie	32
III.5.1.1. Dosage du gluten	32

Chapitre VI : résultats et discussions

IV.1. Résultats des analyses physicochimiques des poudres de pulpe et de déchets de citrouille	32
IV.1.1. Teneur en eau	32
IV.1.2. PH.....	32
IV.1.3. Acidité titrable.....	33
IV.1.4. Teneur en cendre	33
IV.2. Teneur en composés bioactifs et activité antioxydante	33
IV.2.1. Teneur en composés phénoliques.....	33
IV.2.1.1. Teneur en polyphénols	33
IV.2.1.2. La teneur en flavonoïdes	34
IV.2.5. La teneur en caroténoïdes.....	34
IV.1.6. Activité antioxydante	34
IV.1.6. Teneur en composés principaux de déchets et de pulpe de citrouille.....	35
IV.1.6.1. Lipides.....	35
IV.1.6.1. Protéines	35
IV.1.6.1. Glucides.....	36
IV.2. Résultats d'analyses microbiologiques	37
IV.3. Résultats d'analyses physicochimiques du pain de mie	39
IV.3.1. Teneur en eau	39
IV.3.2. PH.....	39
IV.3.3. Teneur en composés bioactif du pain de mie	40
IV.3.4. Taux du gluten.....	42
IV.3.3. Effets de l'ajout de déchets et de pulpe de citrouille sur la physico-chimie et les Caractéristiques boulangères du pain de mie	43
IV.3.4. Effets de l'ajout de déchets et de pulpe de citrouille sur la conservation du pain de mie.....	46

IV.4. Test de couleur	47
IV.5. Test sensoriel.....	48
Conclusion.....	51
Références bibliographiques	
ANNEXES	

Liste des abréviations

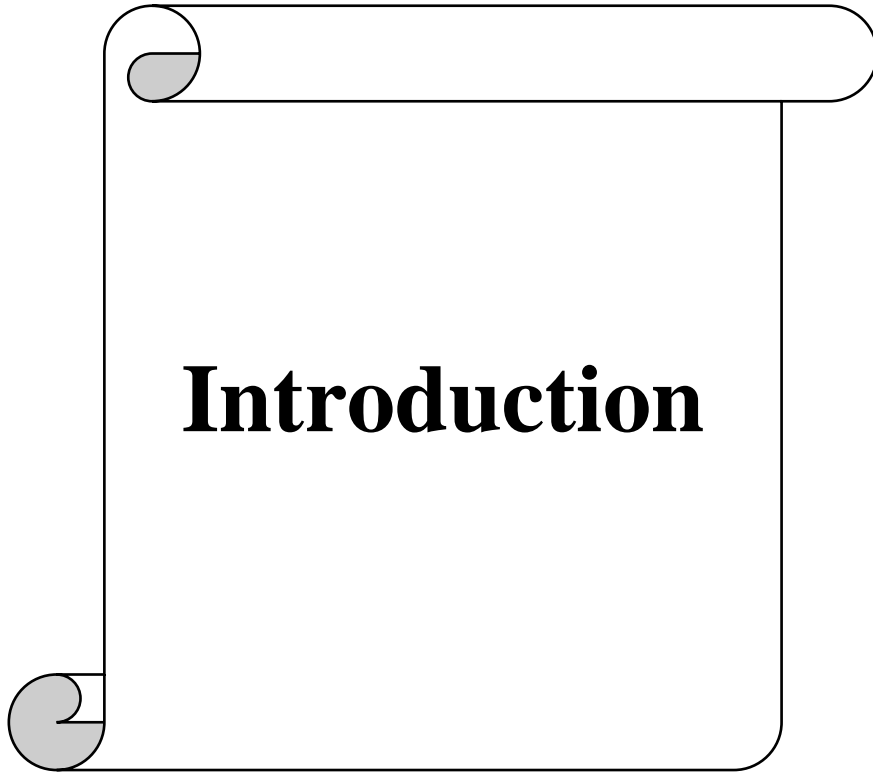
Abs	Absorbance
AC	Absorbance de Contrôle
AE	Absorbance d'échantillon
AG	Acide Gallique
AlCl₃	Trichlorure d'Aluminium
BSA	Bovin Sérum Albumine
C	Carbone
<i>C. pepo</i>	Cucurbita pepo
Ca	Calcium
CO₂	Dioxyde de carbone
DMAPP	Dimethylallyl pyrophosphate
DO	Densité Optique
DOXP	1-déoxylulose 5-phosphate
DPPH	2,2-Diphenyl-1-Picryl HDioxyde deydrazyl
EQ	Equivalent
FAO	Food and Agriculture Organization
Fd	Facteur de dilution
Fe	Fer
G	Gramme
GABA	Acide Gamma-Amin
H	Heur
IPP	Isopentényl diphosphate
ISO	International Organization for standardization
K	Phosphore
M	Molarité
M.G	Matière Grasse
Mg	Milligramme
Min	Minute
ml	Millilitre
mm	Millimètre
mM	Milli mole
Mn	Manganèse
MS	Matière sèche
N	Normalité
Na	Sodium
nm	Nanomètre
P	Potassium
pH	Potentiel d'Hydrogène
USDA	United States Department of Agriculture
V	Volume
µg	Microgramme
µl	Microlitre

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Répartition de la production de citrouilles dans le monde (2017).	5
2	Principaux pays producteurs de citrouilles dans le monde (2017).	5
3	Fruit de citrouille.	6
4	Grain de citrouille.	7
5	Préparation de la matière première (poudre de déchets et de pulpe de citrouille)	19
6	Étapes de préparation du pain de mie	31
7	Pains de mie enrichis en poudres (1 : 5% déchets, 2 : 10% déchets, 3 : 15% déchets, 4 : 100% farine, 5 : 5% pulpe, 10% pulpe, 15% pulpe)	45
8	Pain de mie témoin moisi, pains additionnés intacts.	46
9	Échantillons de pain de mie a dégusté.	48
10	Résultats de l'appréciation des produits sur la saveur.	49
11	Résultats de l'appréciation des produits sur l'odeur.	50
12	Résultats de l'appréciation des produits sur la couleur.	50
13	Résultats de l'appréciation des produits sur la texture.	51

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Production mondiale de citrouilles	5
2	Composition nutritionnelle de la citrouille	9
3	Teneur en caroténoïdes (en mg/100) g dans les fruits et légumes	15
4	Ingrédients pain de mie	30
5	Analyses physicochimiques de déchets et de pulpe de citrouille	32
6	Teneur en composés bioactifs et activité antioxydante des poudres de déchets et de pulpe de citrouille séchés	33
7	Teneur en composés principaux de déchets et de pulpe de citrouille	35
8	Résultats des analyses microbiologiques de poudre de déchets et de pulpe de citrouille	37
9	Résultats d'analyses physicochimiques du pain de mie	39
10	PH des pains de mie enrichis en pulpe de citrouille fraîche.	40
11	Résultats de composés bioactifs du pain de mie.	40
12	Teneur en composés phénoliques les pains de mie enrichis en pulpe de citrouille fraîche.	41
13	Taux de gluten des pains de mie à différentes concentrations	42
14	Résultats de test de couleur	47



Introduction

Introduction

Un des principaux défis de l'industrie alimentaire (fruits et légumes) est de valoriser les propriétés de ses produits. Grâce à leurs propriétés de prévention de certaines pathologies, la richesse en composés phénoliques des matières premières ou des produits transformés pourrait constituer un bon argument de vente. Le développement des produits "santé" est une alternative très intéressante, à une époque où la relation alimentation-santé est reconnue et où nous souffrons de plus en plus de pathologies liées à l'alimentation. **(Tabart et al., 2011).**

Parmi ces aliments, la citrouille plante potagère est un fruit très nutritif qui renferme des molécules bioactives très utiles pour la santé humaine. La peau de citrouille est un déchet qui a un potentiel en tant que matière première **(Listyarini, et al 2020).**

Les besoins alimentaires ont augmenté avec l'augmentation de la population mondiale ce qui a entraîné un développement accru des industries agro-alimentaires qui génèrent des quantités énormes de déchets agroalimentaires chaque année. Un déchet est un résidu jugé inutile dans un contexte donné. Des écologistes et des biologistes se sont intéressés depuis longtemps aux procédés et techniques permettant une valorisation des résidus afin d'obtenir des bioproduits à valeur ajoutée élevée, ce qui sert à limiter la pollution engendrée. **(Mrad, 2011).**

Les déchets agroalimentaires ne sont pas seulement le résultat de l'activité humaine. Depuis le début de la vie sur terre, les organismes vivants ont produit des déchets, et d'autres organismes ont utilisé ces déchets en utilisant l'énergie et les nutriments qu'ils contiennent. Le recyclage des déchets agroalimentaires est donc une fonction intégrée de tout écosystème. **(Sundberg, 2003).**

Le recyclage est une voie possible qui pourrait être une extension à une économie circulaire qui réduit le gaspillage alimentaire et favorise la sécurité alimentaire ainsi que la protection de l'environnement **(Wahlen, et Winkel, 2017).**

Aujourd'hui, en Algérie, des millions de tonnes de résidus produits par l'industrie agroalimentaire, sont rejetés en l'état. Ils représentent pourtant une source énergétique et nutritionnelle non négligeable.

Dans ce contexte, l'objectif global de ce travail est d'identifier les caractéristiques physico-chimiques et la qualité microbiologique de poudre de déchets et de pulpe de citrouille séchés et l'évaluation de l'effet d'incorporation de ces dernières à des différentes concentrations dans le pain de mie comme aliment fonctionnel.

Introduction

Ce travail comporte 4 chapitres, initié par une recherche bibliographique sur la citrouille. Le deuxième chapitre traite les généralités sur les caroténoïdes puis suit le 3^{ème} chapitre qui consiste à définir les méthodes et les outils utilisés pour réaliser les analyses sur les poudres et le pain de mie. Pour ce faire, on procède comme suit :

- ✓ Préparation de poudres de déchets et de pulpe séchés ;
- ✓ Les analyses physico-chimiques des déchets et de pulpe de citrouille ;
- ✓ Quantification de quelques familles de leurs principaux composés (polyphénols, flavonoïdes, caroténoïdes, lipides, protéines, glucides) ;
- ✓ Evaluation de leur activité antioxydante par l'estimation de la capacité du piégeage du radical libre DPPH des extraits éthanoliques de déchets et de pulpe de citrouille ;
- ✓ Les analyses microbiologiques de déchets et de pulpe de citrouille ;
- ✓ Analyses physicochimiques du pain de mie ;
- ✓ Détermination du taux de gluten des pains de mie ;
- ✓ Une analyse sensorielle du pain de mie ;

Et enfin un 4^{ème} chapitre qui consiste à une interprétation des résultats suivie d'une conclusion.



Chapitre I

La citrouille

I.1. Cucurbitacées

I.1.1. Définition

La famille des cucurbitacées est l'une des plus grandes familles du règne végétal comprenant le plus grand nombre d'espèces végétales comestibles (**Dar et al., 2017**) connue pour avoir plus de 130 genres et 800 espèces (**Sharma et al., 2020**) Les membres de la famille sont des herbes annuelles ou vivaces originaires des régions tempérées et tropicales et comprennent les concombres, les melons, les courges et les citrouilles. La plupart des espèces sont extrêmement sensibles aux températures proches du point de congélation, un facteur qui limite leur répartition géographique et leur zone de culture (**Bardaa et al., 2016**).

I.1.2. Historique

Les cucurbitacées font partie des plus anciennes plantes cultivées en Amérique. Leur domestication remonte sans doute à 6 000 ans avant J.-C. quand sont apparus des mutants à fruits doux, d'abord au Mexique (**Zinash et Woldetsadik, 2013**)

La courge est utilisée depuis des milliers d'années dans de nombreuses régions du monde (Amérique du Nord et du Sud, Afrique, Inde, Polynésie ...) et est l'une des plantes de base de l'agriculture. Elle présente une diversité surprenante. Elle prend des formes, des tailles, des couleurs différentes et des saveurs riches, qui peuvent répondre à une variété d'objectifs (**Kates, 2017**).

La citrouille est un légume fruit, originaire de l'Hémisphère Ouest, avec différentes variétés trouvées dans le Nord-Américain, l'Europe continentale, l'Australie, la Nouvelle Zélande (**Norfezah, 2011**). Elle est cultivée dans le nord du Mexique en Argentine et au Chili et s'est répandue en Europe (France et Portugal), Asie (Inde et Chine) et en Amérique occidentale. Les statistiques de production révèlent que l'Inde est l'un des principaux producteurs de citrouille dans le monde (**Mala, 2016**).

I.1.3. Importance économique

Les cucurbitacées jouent un rôle fondamental dans l'économie et la culture de diverses sociétés (**Valdez-Arjona et Ramírez-Mella, 2019**). L'importance économique des Cucurbitacées, surtout dans les régions sèches, est considérable. La motivation première pour les cultures des cucurbitacées est économique pour la plupart des producteurs. L'objectif est la quête de revenus pour satisfaire leurs besoins socio-économiques (**Louahedj et Tebbakh, 2016**). Sur les 1 000 espèces de cucurbitacées, 10 ont une importance économique mondiale,

La citrouille

sont cultivées dans le monde et sont aussi considérées comme des « cultures majeures » 23 autres ont une importance commerciale plus locale et souvent cultivées dans leur aire de répartition naturelle ; elles pourraient être appelées « cultures mineures » (**Chomicki, 2020**).

I.1.4. Principales espèces et variétés de cucurbita

La famille des Cucurbitacées offre une assez grande diversité (**Pitrat, 2016**). Elle comprend cinq grands genres : Cucurbitaceae Citrullus (pastèques et colocynthes sauvages), Cucurbitaceae Cucumis (concombres, cornichons et melons), Cucurbitaceae Lagenaria (gourdes), Cucurbitaceae Sechium (chayotte) et Cucurbitaceae. Le genre *C. Cucurbita*, l'espèce la plus importante économiquement, comprend cinq espèces : *C. pepo*, *C. moschata*, *C. maxima*, *C. ficifolia* et *C. turbaniformis* (**Achilonu et al., 2018**).

Cucurbita pepo est une espèce très populaire, et elle comprend plusieurs variétés dont la courge, la courgette, la courge spaghetti, la pattison et la succulente. Le fruit est ovale, légèrement surélevé et ridé, de couleur orange (**Janick et Harry, 2006**).

I.2. La citrouille

I.2.1. Définition

La citrouille (*Cucurbita pepo*) est une angiosperme appartenant à l'ordre des Cucurbitales, de la famille des Cucurbitacées et du genre *Cucurbita* (**Akwap, 2019**). Les citrouilles varient en forme, taille, poids et couleur La plupart des citrouilles sont rondes, mais certaines sont oblongues en forme de poire. Les diamètres des citrouilles vont de 5 cm à plus de 50 cm (**Caili et al., 2006**)

I.2.2. Aperçu mondial de la citrouille

Selon la **FAO**, la production mondiale de citrouilles de 1994 à 2017 était de plus de 27 millions de tonnes. Bien que sa production soit distribuée sur tous les continents, l'Asie est le premier producteur mondial de citrouilles (**Figure 1**). En 2017, la Chine et l'Inde ont produit respectivement 7 996 362 et 5 142 812 tonnes, contribuant à hauteur de 48% à la production mondiale de citrouilles suivies de la Russie, de l'Ukraine, des États-Unis États d'Amérique et Mexique (**figure 2**).

La citrouille

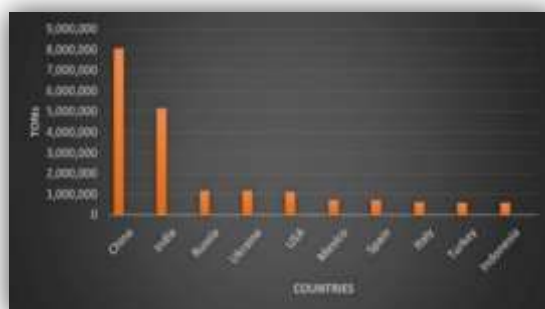
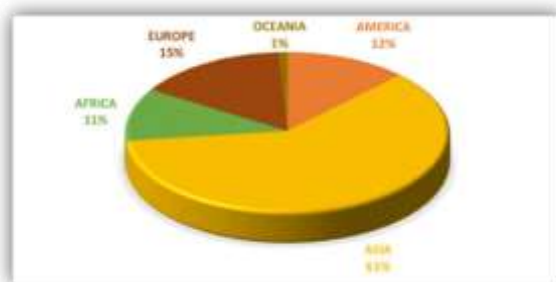


Figure 1 : Répartition de la production de citrouilles dans le monde (FAO, 2017).

Figure 2 : Principaux pays producteurs de citrouilles dans le monde (FAO, 2017)

I.2.2.1. En Afrique

La production de citrouilles en Afrique a été estimée à 2 346 145 tonnes, soit 8,9% de la production mondiale. L'Égypte est le premier producteur en Afrique, suivie de l'Afrique du Sud, du Rwanda, de l'Algérie, du Maroc, du Cameroun, du Niger, de la Tunisie, du Soudan du Sud et du Soudan dans cet ordre (**tableau 1**). Cependant, l'Afrique de l'Est (Kenya, Tanzanie, Rwanda, Burundi, Soudan du Sud et Ouganda) contribue pour 381.112 tonnes à la production mondiale (FAOSTAT, 2017).

Tableau 1 : production mondiale de citrouilles (FAOSTAT, 2017).

Pays	2012	2013	2014	2015	2016
Le monde	23,917,255	24,522,500	25,107,419	25,256,633	26,486,616
Égypte	559,606	494,664	444,653	458,218	463,451
Afrique de sud	244,000	247000	423,074	446,900	419,791
Rwanda	236,000	230,694	269,951	273,250	280,502
Algérie	227,789	260,913	285,293	302,449	271,054
Maroc	256,520	224,315	215,503	201,227	189,256
Cameroun	166,845	171,609	176,373	181,137	185,901
Niger	30,085	69,636	53,345	133,005	123,366
Tunisie	78,300	80,300	86,400	89,700	90,080
Soudan de sud	50,000	58,000	65,000	72,273	80,430

I.2.2.2. En Algérie

En Algérie, la citrouille locale (*Cucurbita pepo*) est largement cultivée dans plusieurs grandes zones de culture depuis de nombreuses décennies et peut être considérée comme l'une des principales cultures maraîchères (**Benalia et al., 2015**). Selon les services agricoles, les superficies consacrées à cette culture ont atteint durant la saison écoulée environ 400 hectares dans chaque Wilaya, soit une production globale d'environ plus de 44.000 tonnes (**Bouamar, 2019**).

I.2.2. Caractères botaniques et aspects descriptifs

I.2.2.1. La plante

La citrouille est une plante annuelle à larges feuilles plus ou moins ouvertes et monoïques s'il y a des tiges tentaculaires. Elle est caractérisée par une fleur avec une corolle jaune éparpillée dessus avec des lobes réfléchis ou dressés. Sa durée de vie est d'environ 6 à 8 ans (**Maadsi, 2012**).

I.2.2.2. Les fruits

La forme du fruit varie d'une variété à l'autre, certains sont arrondis ou ovoïdes, d'autres aplatis. Ils sont généralement gros et contiennent de nombreuses graines. La chair est de couleur jaune ou orange et comestible après cuisson (**Figure 3**) (**Maadski, 2012**).



Figure 3 : fruit de citrouille (photo original).

I.2.2.3. Les graines

La citrouille

Les graines de citrouille sont elliptiques, de forme aplatie avec un bord prononcé et représentent 1 à 3% du fruit. La couleur de l'enveloppe est jaune pâle, blanche ou brun clair, et le cœur de la graine est vert, vert olive ou vert grisâtre (**Figure 4**) (**Kalšan, 2015**).



Figure 4: graines de citrouille (photo original).

I.3. Culture

La citrouille est une culture saisonnière, donc la production de citrouille sera très importante lorsque la saison arrivera (**Komalig et al., 2016**). C'est une plante grimpante annuelle, elle fleurit de juillet à septembre, et les graines mûrissent d'août à octobre (**Bardaa et al., 2016**). Elle est cultivée dans tout le monde pour une utilisation comme légume ainsi que comme médicament. La citrouille est un légume à haut rendement, facile à cultiver, et très bon marché (**Caili et al., 2007**). Les citrouilles sont une culture de saison chaude et nécessitent une saison de croissance longue et chaude (**Dickerson, 1991**). Les semis sont très sensibles au froid et ils nécessitent une période de récolte relativement longue ; les cultivateurs dans les zones de saison courte devraient envisager de commencer la plante tôt à l'intérieur (**Giuliano, 1998**).

I.4. Classification de la citrouille

La citrouille appartient à la famille du melon Cucurbitaceae qui comprend environ 95 genres et 980 espèces (**Boumhiriz, 2017**). La culture de *C. pepo* est classée comme suit :

La citrouille

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Violales
Famille	Cucurbitaceae
Genre	Cucurbita L
Espèce	<i>Cucurbita pepo L.</i>

I.5. Déchets de la citrouille

Les sous-produits des fruits et légumes sont des tranches et des pelures qui ont été enlevées ou rejetées par l'aliment, considérés comme ayant une faible valeur commerciale. La peau de citrouille est une source de caroténoïdes, de minéraux, d'antioxydants et de composés phénoliques (**Lima et al., 2019**).

Les déchets de citrouille font partie des millions de tonnes de résidus végétaux produits qui pourraient être utilisés dans l'alimentation du bétail. Leur valeur ne dépend pas seulement de leur contenu nutritionnel car les composés bioactifs pourraient modifier la composition de l'aliment qui est de la plus haute valeur pour la nutrition humaine (**Valdez-Arjona et Ramírez-Mella, 2019**).

I.6. Composition chimique

Les citrouilles sont composées de protéines, fibres, lipides, caroténoïdes tel que β -carotène, alcools tel que cucurbitol, polyalcool, acides carboniques, acides aminés tel que citrulline et cucurbitine, chlorophylle, glucides, et minéraux (phosphore, calcium, magnésium, fer, cuivre et sélénium), aussi les vitamines tel que la vitamine A, E, C, D et les vitamines de groupe B (**tableau 2**) (**Khenouss, 2015**). La composition nutritionnelle des citrouilles est variable et dépend de plusieurs facteurs, parmi lesquels les conditions de croissance, l'espèce et la partie de la plante ou du fruit (**Achilonu et al., 2018**).

La citrouille

Tableau 2 : composition nutritionnelle de la citrouille (**Adnan et al., 2017**).

Composants	Graines	Fruit	Ecorce
Humidité (%)	5.00	92.93±1.01	84.18±1.42
Lipide brute (%)	38.00	0,18	6,57
Protéine brute (%)	27.48	15,50	23,95
Carbohydrates	28.03	48,40	19,40
Energie (Kcal / 100g)	564	/	/
B-carotène(µg/100g)	/	3934.02	751,9
Minéraux			
Ca (mg/100g)	9.78±0.03	0.60	0.57
Mg (mg/100g)	67.41±0.05	0.45	0.78
Na (mg/100g)	170.35±0.08	0.33	0.33
K (mg/100g)	237.24±0.09	0.67	0.83
P (mg/100g)	47.68±0.04	0.63	0.74
Fe (mg/100g)	3.75±0.02	0.65	0.78
Zn (mg/100g)	14.14±0.02	0.79	0.8
Mn (mg/100g)	0.06±0.01	0.64	0.67

I.6.1. Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont de précieux constituants bioactifs de la citrouille mûre et sont le groupe le plus abondant de pigments ; ils sont responsables de la pigmentation jaune-orange (**Sharma et al., 2020**). Les fruits de citrouille contiennent une quantité de caroténoïdes, substances colorantes liées au carotène, et 60 à 70% d'entre eux sont biologiquement actifs (**Rodionova et al., 2020**). Dans la citrouille un à quatre caroténoïdes sont prédominants, avec plusieurs autres à de faibles concentrations ou traces. Le β -carotène est le principal caroténoïde dans la plupart des cas. D'autres caroténoïdes sont également communément notés (**Provesi et al., 2015**), tels que :

- L' α -carotène,
- La lutéine,
- La zéaxanthine,
- La violaxanthine

I.6.2. Vitamines

Le fruit de la citrouille est une excellente source de vitamine A dont le corps a besoin pour une bonne croissance, des yeux sains et une protection contre les maladies. Il est également riche en vitamine C, vitamine E, lycopène et fibres alimentaires (**Blessing et al., 2011**). **Sharma et Rao (2013)** ont prouvé que la teneur en vitamine C différait selon la phase de maturité. Plus la période de maturité était longue, plus il y avait d'acide ascorbique (**Sharma et Rao., 2013**). Les graines de citrouille ont une teneur élevée en vitamine E (tocophérol ; un antioxydant), et l'huile de graines de citrouille est considérée comme une source importante de vitamine E dans l'alimentation japonaise (**Tokudome et al., 1999**). Le rapport d'**Otitiju et al.** a indiqué que la citrouille cannellée est riche en vitamine B12.

I.6.3. Composés phénoliques

L'expression « composés phénoliques » est utilisée pour toute substance chimique possédant dans sa structure un noyau aromatique, portant un ou plusieurs groupements hydroxyles (—OH) (**Bouamar, 2019**). **Zdunić et al (2016)** ont identifié huit composés polyphénoliques dans le fruit de la citrouille :

- Acide protocatéchique,
- Acide chlorogénique,
- Acide salicylique,
- Acide p-hydroxybenzoïque,
- Acide p-coumarique,
- Hespéridine,
- Vanilline
- Ériodictyol-7-néohesperidoside

Plusieurs auteurs ont rapporté que la courge est une source très riche en polyphénols (**Wahyuni et al., 2011 ; Materska, 2014**). La teneur en polyphénols varie en fonction du type et de la maturité du fruit.

I.6.4. Protéines

Les protéines dans la citrouille se présentent en (**Ghedira et al., 2013**) :

- Acides aminés
- Acide gamma-aminobutyrique (GABA),
- éthylasparagine,

La citrouille

- Citrulline
- Cucurbitine (ou 3-amino-3-carboxypyrrolidine)

Un gramme de protéines de graines de citrouille contient autant de tryptophane qu'un grand verre de lait (**Dhiman et al., 2009**).

I.6.5. Lipides

Des études ont montré que les graines de citrouille sont une source précieuse de protéines et de graisses (**Nawirska-Olszanska et al., 2013**). L'huile de graines contient des acides gras tels que : acides palmitique, stéarique, oléique et linoléique. La citrouille n'a pas de cholestérol, faible en gras (**Dhiman et al., 2009**).

I.6.6. Minéraux

La présence de Mg, K et folate dans la citrouille met en évidence ses qualités cardiaques (**Dhiman, 2009**). **Otitiju et al (2014)** ont rapporté que la citrouille est riche en fer qui joue un rôle clé dans la formation des globules rouges et de l'hémoglobine. **Blessing et al (2011)** ont également noté des quantités de fer, de calcium et de phosphore dans leur étude. Les données fournies par les bases de données sur la composition des aliments du Département de l'agriculture des États-Unis (**USDA, 2015**) indiquent que le potassium est le minéral le plus abondant dans la citrouille.

I.7. Utilisation alimentaire de la citrouille

Aux États-Unis, tout cultivar de *C. pepo* utilisé pour la pâtisserie, le bouillon ou les lanternes d'Halloween est considéré comme une citrouille. Les citrouilles sont consommées cuites, les feuilles sont comestibles en été et en automne. La chaire est utilisée dans plusieurs repas comme :

- Les soupes,
- Desserts sucrés,
- Cakes,
- Confitures,
- Pâtes à pain et gâteaux après cuisson.

Elle peut-être aussi incorporée comme ingrédient, additif alimentaire et parfois destinée pour l'alimentation du bétail (**Hammouche, 2012**).

I.8. Effets Thérapeutique

Les citrouilles présentent de nombreuses propriétés biologiques telles que les actions antidiabétique, anti hypertensive, antitumorale, antibactérienne, anti-inflammatoire. Et leurs graines riches en acides gras monoinsaturés et polyinsaturés renferment des composés phytostérols qui sont bénéfiques pour la santé (**Hammouche et al., 2012**).

I.8.1. Effet antidiabétique

Avec la prévalence croissante du diabète et son lourd fardeau économique dans la population mondiale, la communauté scientifique a été appelée à développer de nouveaux médicaments plus sûrs et peu coûteux pour le traitement du diabète (**Xia et Wang, 2007**). **Kwon et al (2007)** Ont rapporté que les composés phytochimiques phénoliques de la citrouille ont des effets antidiabétiques en termes d'inhibition de la β -glucosidase et de l' α -amylase. La citrouille a des propriétés antidiabétiques potentielles, ce qui peut suggérer l'inclusion de cette plante dans les régimes antidiabétiques pour traiter le diabète humain (**Yadav et al., 2010**).

I.8.2. Effet antioxydant

Le stress oxydatif a été considéré comme une caractéristique de diverses maladies chroniques et de leurs complications telles que le diabète, l'obésité, les maladies cardiovasculaires et le cancer (**Halliwell, 1993**). Divers extraits de citrouille ont une action antioxydante potentielle qui pourrait jouer un rôle important chez les prédiabétiques, les diabétiques et les personnes souffrant de lésions vasculaires (**Xia et Wanga, 2007**).

I.8.3. Effet anti inflammatoire

Les processus inflammatoires sont des réponses immunologiques et peuvent jouer un rôle important dans la prise en charge de l'arthrite, de l'ostéoporose, du diabète et des maladies cardiovasculaires (**Sharma et al., 2020**). Les aliments enrichis à la citrouille sont considérés comme une bonne source de substances anti-inflammatoires, qui peuvent aider dans de nombreuses maladies (**Seo et al., 2005**). Le bêta-carotène contenu dans les graines de citrouille a des propriétés anti-inflammatoires et la consommation régulière de graines de citrouille peut protéger contre l'inflammation des articulations (**Dar, 2017**).

I.8.4. Effet anticancérigène

Il a été prouvé que l'apport alimentaire de nombreux légumes et fruits peut réduire le risque d'apparition de cancer (**Craig, 1997**). Des régimes riches en graines de citrouille ont

La citrouille

également été associés à un risque plus faible de cancers gastriques, mammaires, pulmonaires et colorectaux (**Huang et al., 2004**). Et aussi à la prévention du cancer de la prostate (**Jian et al., 2005**). Des études ont montré que les graines de citrouille peuvent réduire les dommages causés aux cellules de la prostate, ce qui réduit probablement le risque de cancer de la prostate (**Dhiman et al., 2009**).

I.8.5. Effet antimicrobien

La citrouille est considérée comme une source potentielle d'agents antimicrobiens pour les industries médicales, pharmaceutiques et alimentaires (**Sharma et al., 2019**). L'huile de citrouille peut inhiber diverses bactéries pathogènes tels que (*Acinetobacter baumannii*, *Aeromonas verona biota*, *Sorberia*, *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella Enterobacter enteritis* sérotype Typhimurium *Staphylococcus* et *Staphylococcus aureus*) (**Hammer et al., 1999**).



Chapitre II

Les caroténoïdes

II.1. Généralités

Le terme caroténoïde est dérivé du nom latin de la carotte « *Daucus Carota* » et le β -carotène a été extrait et isolé pour la première fois en 1831. Wackenroder. Plus de 70 membres de cette famille sont connus aujourd'hui, et la structure chimique de 500 d'entre eux a été entièrement élucidée (**Bouamar, 2019**).

Les caroténoïdes représentent une grande famille de micronutriments qui peuvent se trouver dans plusieurs fruits et légumes ou ils sont à l'origine de leur coloration qui varie du jaune au rouge violacé lorsqu'ils sont à l'état libre (**Maiani et al., 2009**). Peut-être bleue ou verte lorsqu'ils sont associés à une protéine (**Reynaud, 2009**). Dans les tissus verts, la couleur des caroténoïdes est masquée par celle de la chlorophylle et devient visible quand celle-ci disparaît en automne (**Sy, 2011**). Les humains et les animaux, ne peuvent pas les synthétiser, et la couleur de certains crustacés (Homard, langouste), de poissons (saumon) ou d'oiseaux (flamant, cardinal) est due à la présence des caroténoïdes dans leur alimentation (**Reynaud, 2009**).

Les caroténoïdes sont des métabolites secondaires synthétisés principalement par les plantes, les algues, les micro-organismes-bactéries, les levures et les champignons filamenteux, et sont utilisés aussi comme additifs dans les industries alimentaire et pharmaceutique (**Bouamar, 2019**). Ils ont suscité un intérêt croissant en raison de leurs propriétés provitamines (vitamine A), antioxydantes et anti-radicalaires (**Gu et al., 2007**).

II.2. Définition

Les caroténoïdes sont des pigments qu'absorbent la lumière entre 380 et 750 nm. Ils comprennent les carotènes (caroténoïdes hydrocarbonés) et les xanthophylles (caroténoïdes porteurs de fonctions alcool, cétone...). Ils sont absorbés par les animaux dans leur nourriture et sont en général assimilables par les organismes : ils suivent des voies métaboliques étroitement liées aux voies lipidique (**Sy, 2011**). Les caroténoïdes sont une classe de composés qui ont un pouvoir colorant et qui ont été largement utilisés dans l'industrie alimentaire, menant son marché au plein développement (**Mezzomo et Ferreira, 2016**).

II.3. Source des caroténoïdes

II.3.1 Micro-organismes

Les premiers organismes capables de synthétiser des caroténoïdes étaient des bactéries phototrophes anoxygéniques et des cyanobactéries photosynthétiques oxygénées. La capacité

Les caroténoïdes

de synthèse des caroténoïdes a ensuite été acquise par les cellules végétales et algales en raison de leur symbiose avec les bactéries productrices de caroténoïdes (Elkin *et al.*, 2014).

II.3.2. Fruits et légumes

La majorité des caroténoïdes naturels sont présents dans les fruits et légumes, tous les fruits et légumes colorés sont de bonnes sources de caroténoïdes (tableau 3) (Mezzomo et Ferreira, 2016). Les caroténoïdes se trouvent en plus grande quantité dans les feuilles, les autres parties vertes, les fleurs, les racines et les graines (Sui et Vlaeminck, 2020). On peut les classer en :

- Fruits et végétaux jaunes/oranges riche en β - et α -carotène,
- Fruits orange riches en β -cryptoxanthine,
- Légumes verts feuillus et jaune d'œuf riche en lutéine et zéaxanthine, les tomates et leurs produits de transformation riches en lycopène (Rao, 2007).

Tableau 3 : Teneur en caroténoïdes (en mg/100) g dans les fruits et légumes (Fernandez-Garcia *et al.*, 2012).

	α -carotène	β -carotène	β -cryptoxanthine	Lutéine ou zéaxanthine	Lycopène
Légumes					
Laitue	-	1272	-	2635	-
Epinards	-	5597	-	11938	-
Brocoli	1	779	-	2	-
Poivre	59	2379	2205	-	-
Citrouille	4795	6940	-	-	-
Pomme de terre	-	6	-	-	-
Tomates	112	393	-	130	3025
Carotte	4649	8836	-	-	-
Oignon	6	-	-	-	-
Fruit					
Ananas	30	-	-	-	-
Banane	5	21	-	-	-
Grain de raisin	5	603	12	13	-
Mangue	17	445	11	-	-
Melon	27	1595	-	40	-
Orange	16	51	122	187	-
Pastèque	-	295	103	17	4868
Poire	6	27	-	-	-
Céréales					
Maïs	33	30	-	884	-
Blé	-	100	-	35	-
Huiles végétales					
Olive	-	219	30	5990	-

Les caroténoïdes

Palmier	24	38	-	-	-
---------	----	----	---	---	---

II.3.3. Animaux

Les caroténoïdes peuvent être présents chez certains animaux (les oiseaux, certains poissons, les crustacés et les insectes) en raison de la consommation d'aliments riches en caroténoïdes. Les caroténoïdes chez les animaux peuvent être aussi produits par certains métabolismes de transformation (oxydation ou réduction). A partir des pigments présents dans la chaîne alimentaire, les animaux aquatiques constituent une deuxième source de caroténoïdes (**Zaghdoudi, 2015**).

II.3.4. Les algues marines

Les algues et les microalgues sont classées comme source importante de caroténoïdes. Les algues vertes (chlorophyta) sont riches en β -carotène, lutéine, violaxanthine, néoxanthine, zéaxanthine, fucoxanthine, pérédinine et dianoxanthine. Les algues rouges (rhodophyta) contiennent en plus de l' α -carotène (**Elkin et al., 2014**).

II.4. Classification des caroténoïdes

Les caroténoïdes sont classés principalement en :

- Les carotènes ou les caroténoïdes hydrocarbonés composés uniquement d'atomes de carbone et d'hydrogène (α -carotène, β -carotène, lycopène, etc.) qui peuvent être classés en deux sous classes : les carotènes acycliques et les carotènes cycliques.
- Les xanthophylles ou les caroténoïdes oxygénés, qui contiennent en plus de la chaîne carbonée des fonctions époxy, carbonyle, hydroxyle, méthoxy ou acide carboxylique (violaxanthine, canthaxanthine, zéaxanthine, spirilloxanthine, torularhodine), ils sont classés en caroténols et époxy caroténoïdes. (**Elkin et al., 2014**)

II.5. Propriétés biologiques

Les caroténoïdes sont employés dans les industries alimentaire, cosmétique et pharmaceutique en tant qu'additifs, pour leurs caractéristiques biologiques et colorantes (**Sandmann et al., 1999**). Les avantages des caroténoïdes en tant que colorants sont leur stabilité aux différents pH (4,0-7,0) des nombreux aliments et le fait que l'addition des différents additifs, comme l'acide ascorbique, n'affecte pas leur structure (**Alves Da Costa Cardoso, 2008**).

II.6. Structure chimique

Les caroténoïdes sont des molécules lipidiques appartenant à la famille des terpènes, comportant généralement 40 atomes de carbone, structurés en 8 unités isopréniques jointes de façon à ce que la séquence soit inversée au centre. L'organisme humain est incapable de les synthétiser, ils sont fournis par l'alimentation. (Mata-Gómez *et al.*, 2014).

La structure de base des caroténoïdes est linéaire et symétrique, mais une cyclisation d'une des extrémités ou des deux est possible. D'autres transformations de la structure comme l'hydrogénation, la déshydrogénation ou l'oxydation sont responsables de leur altération pour la grande variété des caroténoïdes connus. Les doubles liaisons confèrent à la molécule un caractère chromophore et sont responsables de la coloration des caroténoïdes (Reynaud, 2009).

II.7. Biosynthèse des caroténoïdes

Tous les caroténoïdes sont biosynthétisés à partir d'unités terpénoïdes basiques en C5 (isopentényl diphosphate [IPP] et diméthylallyl diphosphate [DMAPP]), conduisant au squelette parent hydrocarboné C40 à partir duquel tous les caroténoïdes sont dérivés. Ce squelette subit un certain nombre de modifications, y compris la cyclisation, l'hydrogénation, la déshydrogénation, l'introduction de groupes fonctionnels contenant de l'oxygène, le réarrangement, la migration des doubles liaisons, l'isomérisation, le raccourcissement ou l'extension de chaîne moléculaire etc., et conduisant à la grande diversité des caroténoïdes naturels. Les caroténoïdes sont biosynthétisés au niveau des plastides (IPP) et synthétisés à travers la voie du plastide spécifique DOXP (1-déoxylulose 5-phosphate). Chaque étape de biosynthèse au sein de la voie est catalysée par une enzyme particulière. La présence de ces enzymes dépend de l'expression de différents gènes. Par conséquent, le profil des caroténoïdes présents dans les organismes dépend également de leur profil génétique. (Eldahshan et Singab, 2013 ; Elkin et al., 2014)



Chapitre III

Matériels et méthodes

III.1. Préparation de la matière première

La préparation de la matière à étudier passe par les étapes suivantes (**figure 5**) :

- **Préparation de l'échantillon** : Après lavage soigneux et rapide de la citrouille, on l'a épluchée, égrenée, séparé l'écore de la chaire et coupé en petits morceaux.
- **Séchage** : Les morceaux obtenus ont été séchés à l'air libre sur un tamis.
- **Broyage** : Une fois secs les morceaux ont été broyés dans un moulin à café, la poudre est ensuite tamisée.

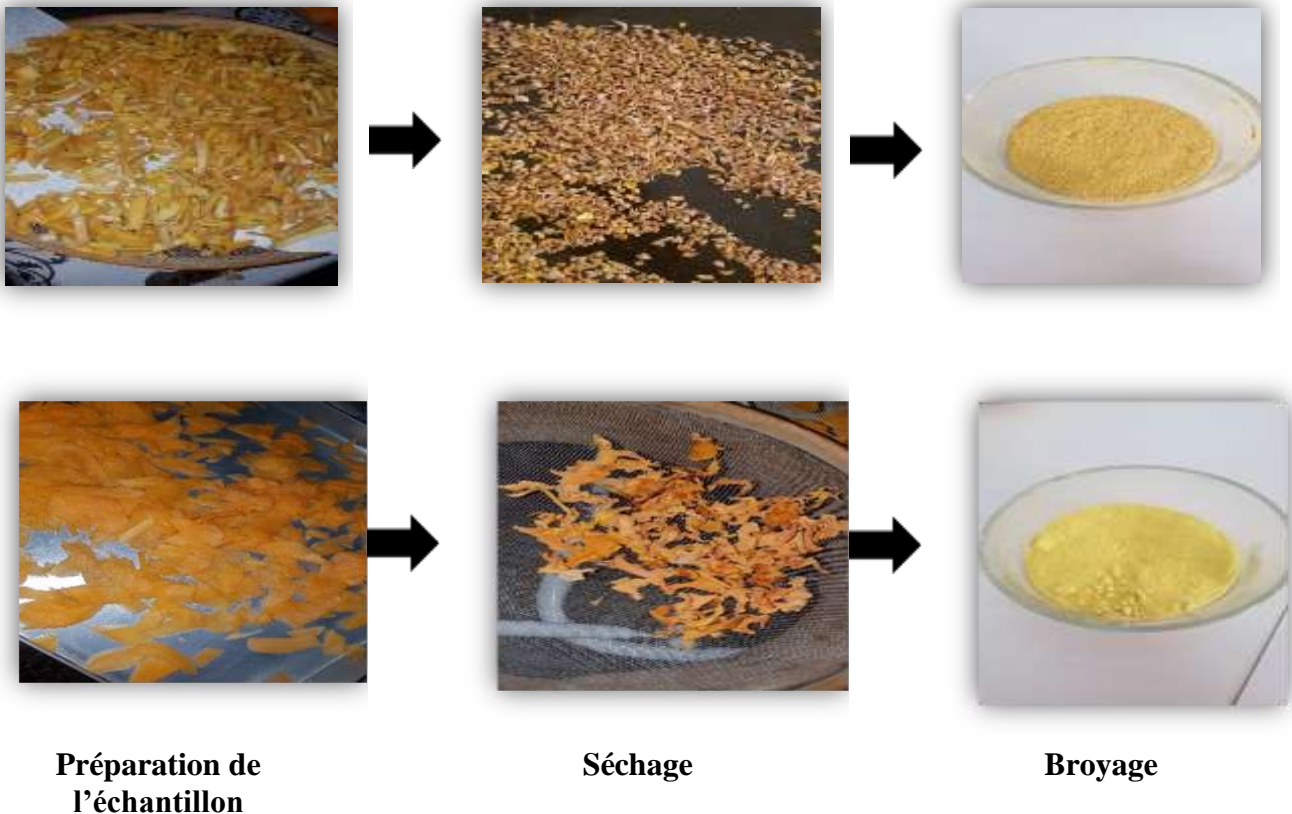


Figure 5 : préparation de la matière première (poudre de déchets et de pulpe de citrouille)

III.2. Analyses physico-chimiques

III.2.1 Détermination de la teneur en eau (NF T60 305)

En se basant sur le principe de détermination de la teneur en eau, on a procédé au séchage des capsules vides à l'étuve durant 15 mn à 103 ± 2 °C puis le refroidissement dans un dessiccateur pour éliminer toute trace d'humidité. On tare les capsules et on y met 1g de déchets ou bien de pulpe de citrouille, on les remet dans l'étuve réglée à 103 ± 2 °C pendant 1 heure puis on les refroidit dans un dessiccateur et on les pèse. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 min).

Expression des résultats

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$H\% = (M1 - M2) / P \times 100$$

Soit :

- H % : Humidité + Matières volatiles.
- M1 : Masse de la capsule + matière avant séchage en g.
- M2 : Masse de l'ensemble après séchage en g.
- P : Masse de la prise d'essai en g.

$$\text{Matières sèches} = 100 - H \%$$

III.2.2. Détermination de l'acidité titrable (NF V 05-101, 1974)

Partant du principe de détermination de l'acidité titrable, on a procédé comme suit : on pèse 1g de poudre de déchets ou de pulpe de citrouille auquel on ajoute 50 ml d'eau distillée récemment bouillie et refroidie dans une fiole puis on mélange jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène. On chauffe le contenu au bain marie pendant 30 min. Après refroidissement, on transvase le contenu dans une fiole jaugée de 250ml et on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée récemment bouillie et refroidie, bien mélanger puis filtrer.

On prélève à la pipette 25ml de l'échantillon pour essai selon l'acidité présumée, et on les verse dans un bécher sous agitation. On ajoute 3 à 4 gouttes de phénolphaléine. On titre avec une solution d'hydroxyde de sodium 0.1N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

Expression des résultats

L'acidité titrable est exprimée selon la formule suivante :

$$A\% = 250.V1.100 / V0. M.10 \times 0.07$$

Soit :

- M : Masse, en grammes de produit prélevé.
- V0 : Volume en millilitres de la prise d'essai.
- V1 : Volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de sodium à 0.1 N utilisé
- 0.07 est le facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide citrique

III.2.3. Détermination du pH (NF V 05-108, 1970)

Pour déterminer le pH, on pèse 3 g de déchets ou de pulpe de citrouille, ensuite on place la poudre de l'échantillon dans un bécher et on y ajoute trois fois son volume d'eau distillée, on chauffe au bain-marie pendant 30 mn, on filtre le mélange obtenu et on procède à la détermination du pH en plongeant la sonde du pH mètre dans le bécher en prenant soins que l'électrode soit complètement immergée dans la solution, la valeur du pH est indiquée sur l'afficheur.

III.2.4. Détermination de la teneur en cendres (NF V 05-113, 1972)

Un échantillon de 5g de la poudre de déchets ou de pulpe de citrouille est mis dans des capsules en porcelaine (M1) puis calciné à $550 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 5 heures dans un four à moufle jusqu'à l'obtention d'une cendre blanchâtre de poids constant. Après refroidissement on pèse les capsules (M2).

Expression des résultats

La teneur en matière organique est exprimée par la formule suivante :

$$MO \% = (M1-M2)/P \times 100$$

Soit :

- MO % : Matière organique.
- M1 : Masse des capsules + prise d'essai.
- M2 : Masse des capsules + cendres.

- P : Masse de la prise d'essai.

La teneur en cendres (Cd) est calculée comme suit

$$\text{Cd} = 100 - \text{MO} \%$$

III.2.5. Détermination des composés phénoliques

III.2.5.1. Préparation des extraits

Les extraits éthanoliques se préparent par macération de 1 g de déchets ou de pulpe de citrouille dans 20 ml d'Ethanol à 70%. Après agitation de 40 min, le mélange est ensuite filtré, le filtrat est conservé à 4 °C jusqu'à l'utilisation (**Owen et Johns, 1999**).

III.2.5.2. Détermination de la teneur en polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux dans l'extrait éthanolique par la méthode décrite dans la littérature (**Kamazawa et al., 2002 ; Singleton, 1999**)

On additionne 5 ml d'eau distillée à 0,5 ml d'extrait de déchets ou de pulpe de citrouille et on mélange bien ; on ajoute 0,5 ml du réactif de folin-ciocalteus et on laisse reposer 3 min. On ajoute 0.5ml de carbonate de sodium (10%), on mélange bien ensuite on incube pendant une heure à la température ambiante et à l'abri de la lumière puis on mesure l'absorbance à 760 nm.

La courbe d'étalonnage ($Y=aX+ b$) est obtenue avec l'acide gallique à différentes concentrations pratiquées dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons servira à la quantification des polyphénols (**ANNEXE II**)

III.2.5.3. Détermination de la teneur en flavonoïdes

L'estimation de la teneur en flavonoïdes totaux contenus dans les extraits Ethanolique des déchets ou de pulpe de citrouille est réalisée par la méthode décrite dans la littérature (**Bahorun Tet al., 1996**).

Un volume de 1ml d'extrait de déchets ou de pulpe de citrouille séchés est additionné de 1ml de chlorure d'aluminium (AlCl₃ à 2%), l'absorbance est mesurée à 430nm, après 1 heure d'incubation. La quantité de flavonoïdes est calculée en mg équivalent quercétine par 1 g d'échantillon (mg EQ / g Ech), à partir de la courbe standard préparée avec la quercétine.

Matériels et Méthodes

La courbe d'étalonnage ($Y=aX+ b$) obtenue avec la quercétine à différentes concentrations pratiquées dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons servira à la quantification des flavonoïdes (ANNEXE II).

III.2.6. Détermination de la teneur en caroténoïdes totaux

L'extraction des caroténoïdes à partir de matrices biologiques complexes représente une étape délicate et pourtant cruciale en vue d'une étude qualitative et quantitative de ces derniers. Les quantités extraites sont souvent de l'ordre de quelques dizaines de microgrammes par gramme de matière sèche, seulement (Zaghdoudi et al., 2015).

La quantification de la teneur en caroténoïdes totaux est basée sur la méthode de (Lee, 2001) avec quelques modifications. On a pesé 0,5 g de déchets de pulpe de citrouille dans un flacon auquel on ajoute 5ml de mixture hexane-acétone-éthanol (v/v/v;50:25:25) préalablement préparée, après une agitation au vortex à 200 tours par minute à température ambiante on passe à la centrifugation à 6500 tours par minute pendant 5 min à 4°C. On récupère le surnageant auquel on ajoute 5ml le solvant d'extraction, la lecture se fait à 450 nm.

Expression des résultats

$$C(\mu\text{g/g}) = \text{Abs}_{450} F_d \cdot 10^6 \cdot V / 345 \cdot 100 \cdot P$$

D'où :

- **Fd** : est le facteur de dilution,
- **V** : est le volume de solvant d'extraction,
- **3450** : est le coefficient d'extinction de l'hexane,
- **P** : est le poids de la prise d'essai.

III.2.7. Evaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante des extraits éthanoliques des déchets et de pulpe de citrouille est évaluée par l'activité anti-radicalaire au radical DPPH. Selon Molyneux (2004), la mesure de l'efficacité d'un antioxydant se fait en mesurant la diminution de la coloration violée et le virage vers le jaune, due à une recombinaison des radicaux DPPH, par spectrophotométrie à une longueur d'onde variant entre 515-518 nm.

Matériels et Méthodes

L'inconvénient de cette méthode est sa sensibilité à la lumière. Pour cette raison, la réaction doit se faire à l'obscurité (**Karsheva et al., 2013**).

2ml de la solution éthanolique de DPPH (0,1 mM) sont ajoutés à 50 µl de la solution d'extraits et du standard, puis les tubes sont incubés à température ambiante et à l'obscurité pendant 30 minutes. Les lectures sont effectuées à 517 nm.

Expression des résultats

$$\% \text{d'inhibition du radical DPPH (\%)} = [(AC-AE)/AC] \times 100$$

D'où :

- **AC** : Absorbance du contrôle.
- **AE** : Absorbance d'échantillon.

III.2.8. Détermination de la teneur en lipides (ISO 734 :2015)

Les corps gras sont les substances organiques qui peuvent être extraites à partir des fruits et légumes par des solvants organiques non polaires au moyen de l'appareil Soxhlet.

Après séchage du ballon de 500 ml à l'étuve à 105°C pendant une heure et refroidissement au dessiccateur pendant 30 mn, on pèse le ballon à la précision de 0.001g. 10g de déchets ou de pulpe de citrouille sont introduits dans la cartouche du Soxhlet. On verse 150 ml d'hexane dans le ballon et 25ml dans l'extracteur, puis on chauffe le ballon jusqu'à l'épuisement de la matière grasse.

Après élimination du solvant du ballon au rotavapeur, on sèche le résidu du ballon dans une étuve à 70-80°C, puis on laisse refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30mn. On pèse le ballon avec la matière grasse à la précision de 0.001g.

Expression des résultats

$$MG (\%) = (P2-P1) / P3.100$$

Soit :

- **P1** : Poids du ballon vide (g)
- **P2** : Poids du ballon avec l'huile extraite (g)
- **P3** : Poids de la prise d'essai (g).

III.2.9. Détermination de la teneur en protéines

➤ Extraction des protéines

Un gramme d'échantillon est immergé dans 20ml de la solution tampon phosphate 0,1 M (PBS), on agite, on laisse refroidir à 4° pendant 4 à 8h, on centrifuge à 1000tours pendant 40min, le surnageant est récupéré pour obtenir l'extrait protéique (**Rezanejad, 2007**)

➤ Dosage des protéines solubles

Le dosage des protéines totales solubles des extraits de déchets et de pulpe de citrouille a été réalisé selon la méthode préconisée par **Bradford (1976)**. C'est une méthode colorimétrique qui permet la détermination des concentrations d'une solution protéique.

La méthode de **BRADFORD** est basée sur la variation de la coloration du bleu brillant de coomassie G250 lorsqu'il se fixe aux protéines. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de protéine dans le milieu.

Pour la quantification des protéines, on prend 10 µl de l'extrait protéique avec 90 µl de la solution tampon et 5 ml de réactif de **BRADFORD** bien mélangés. Le mélange est incubé à la température ambiante pendant 10 mn à l'abri de la lumière. On lit la D.O à 597 nm. Une courbe d'étalonnage est tracée en utilisant la B.S.A. (Bovin Sérum Albumine). (**ANNAXE II**)

III.2.10. Détermination de la teneur en glucides

➤ Extraction des glucides

Le principe d'extraction des glucides est basé sur la pesée d'un gramme d'échantillon de déchets ou de pulpe de citrouille auquel on ajoute 16ml éthanol puis le chauffage du contenu au bain marie à 50° pendant 2h. Après centrifugation à 3000 tours par minute pendant 10 min, on récupère le surnageant.

➤ Dosage des glucides

Matériels et Méthodes

Le dosage des glucides totaux a été réalisé selon la méthode de **Duchteau et Florkin (1959)**. Elle consiste à ajouter 4ml du réactif d'anthrone à 100ml du surnageant, et chauffer le mélange à 80°C pendant 10 min, une coloration verte se développe dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de glucides présente dans l'échantillon, la lecture de l'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 620 nm, Une courbe d'étalonnage est tracée en utilisant le glucose. (**ANNEXE II**)

III.3. Analyses microbiologiques

III.3.1. Préparation des dilutions

La préparation des dilutions pour les déchets et la pulpe de citrouille a été réalisée en suivant le procédé ci-dessous :

- 25g du produit à analyser a été introduit dans un flacon stérile préalablement taré. On a ajouté aseptiquement à ce dernier un volume d'eau péptonée tamponnée (EPT) à l'aide d'une éprouvette graduée stérile.
- Ce mélange a été homogénéisé pour obtenir une suspension mère correspondant à la dilution 10^{-1}
- A partir de la suspension mère, on a prélevé stérilement à l'aide d'une pipette un volume de 1 ml que l'on a introduite dans un tube à essai contenant au préalable 9 ml d'eau physiologique
- Après homogénéisation, la dilution 10^{-2} est obtenue
- A partir de la dilution 10^{-2} on a prélevé stérilement à l'aide d'une pipette un volume de 1 ml que l'on a introduit dans un tube à essai contenant au préalable 9 ml d'eau physiologique
- Après homogénéisation, la dilution 10^{-3} est obtenue

III.3.2. Germes aérobies à 30°C (NF V08-051 Février 1999)

Ce sont des microorganismes qui se développent à l'air ambiant avec une croissance optimale à 30°C. Leur dénombrement repose sur l'emploi d'une gélose PCA.

On prélève 1 ml de chaque dilution qu'on verse dans une boîte de Pétri correspondante, auquel on ajoute de la gélose liquéfiée à 44°C environ, on laisse solidifier et on incube à 30°C pendant 72 heures.

Lecture : La lecture se fait toutes les 24 heures, les colonies de germes mésophiles aérobies se présentent sous forme lenticulaire en masse, leur dénombrement s'effectue sur les boîtes contenant des colonies dont le nombre est compris entre 30 et 300.

III.3.3. Recherche et dénombrement des germes Sulfito-Réducteurs (Guiraud, 2003)

La recherche des formes sporulées consiste à soumettre les tubes contenant 1 ml de la solution mère et des dilutions à un chauffage à 100°C pendant 8 min, puis un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet. Puis on ajoute environ 15 ml de gélose Viande de Foie (VF) dans chaque tube, on ajoute quelques gouttes de l'huile de vaseline afin de créer l'anaérobiose. On laisse solidifier pendant 30 min.

Lecture : Ces tubes seront ainsi incubés à 37°C pendant 48h. L'apparition de colonies noires témoigne de la présence de germes sulfito-réducteur.

III.3.4. Recherche et dénombrement des staphylocoques à coagulase (ISO 6888 :2003)

La recherche de ce germe consiste à suivre les étapes suivantes :

- **Enrichissement** : c'est une étape de revivification qui consiste à porter 1 ml de chaque dilution dans 15 ml de GC (Giolitti Cantonii), additionné du tellurite de potassium. Après homogénéisation on incube à 37°C pendant 24h à 48h. Les tubes ayant viré au noir seront considérés positifs.
 - **L'isolement** : à partir des tubes positifs, on fait l'isolement sur gélose Chapman préalablement fondue, coulée en boîtes de Pétri bien séchées. Les boîtes de Chapman ainsiensemencées seront incubées à 37°C pendant 24 à 48h.
 - **L'identification** : Après ce délai, on dénombre les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune.
 - **Teste de confirmation** : il faut que les deux tests (teste à la catalase et à la coagulase) soient positifs pour confirmer la présence de Staphylococcus
- ✓ **Test à la catalase**
- Repiquer quelques colonies suspectes, ajouter une quantité d'eau oxygénée. La présence de bulles indique la présence de Staphylo-coagulase positive.
- ✓ **Test à la coagulase**
- Repiquer quelques colonies suspectes dans un tube contenant un bouillon nutritif de BHIB. Après incubation à 37°C pendant 24 h
 - Prélever 0,5 ml de cet enrichissement

- L'introduire dans un tube à essai contenant 0,5 ml de plasma du sang, puis incuber à 37°C pendant 24 heures, la coagulation du plasma indique la présence de Staphylo-coagulase positive.

III.3.5. Recherche et dénombrement des salmonelles (ISO 6579, 2002)

Le nombre de *salmonella* étant en général faible dans le produit, il est nécessaire de procéder à un pré-enrichissement et à un enrichissement puis un isolement dans un milieu sélectif (Guirand, 1998). Pour réaliser cette recherche on doit passer par trois étapes :

- **Le pré-enrichissement** La solution mère préparée à partir de 25 grammes de produit additionné à de l'eau péptonée tamponnée. Après homogénéisation à la main on incube à 37°C pendant 24 heures.

- **L'enrichissement** : on a transféré 1 ml de la suspension de pré-enrichissement dans un tube à essai qui contient 10 ml d'un milieu sélectif S.F.B. Le tube a été incubé à 37°C pendant 24 heures. (Le but de cette étape est d'éliminer au maximum les autres germes et de garder uniquement les germes appartenant au genre *salmonella*).

- **L'isolement** : Se réalise sous forme de stries sur milieu sélectif solide qui est la gélose Hektoene, à partir du milieu d'enrichissement. L'incubation est faite à 37°C pendant 24 heures.

Lecture : Les colonies caractéristiques des salmonelles apparaissent avec une coloration bleu verdâtre à centre noirâtre de 2 à 4 mm de diamètre.

III.3.6. Recherche et dénombrement des Coliformes fécaux (NFV 08-060, 2009)

Les coliformes fécaux sont témoins d'une contamination fécale récente. Leur détermination se fait par la technique en double couche, le milieu utilisé est la gélose VRBL.

A partir des dilutions, on verse aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans la boîte de Pétri correspondante, ensuite on ajoute 15 ml de gélose VRBL fondue, on homogénéise puis après solidification, on coule une deuxième couche de VRBL

Lecture : Après solidification les boîtes seront incubées à 44°C pendant 24 heures pour les coliformes fécaux. Les colonies caractéristiques sont de couleur rouge ayant un diamètre de moins de 0,5 mm

III.3.6.1. Recherche et dénombrement de d'*Escherichia coli*

Repiquer quelques colonies suspectées dans un tube contenant un bouillon nutritif de Shubert avec une cloche ensuite incuber à 37°C pendant 24 h.

Lecture : Croissance révélée par la présence de gaz et un trouble

III.3.7. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (NF ISO 7954, 1988)

L'analyse se fait avec ensemencement en surface de 1mL de solution mère sur milieu saboureux, l'incubation à 26°C pendant 5 jours.

Lecture : Dénombrement par comptage (en UFC) de toutes les formes de colonies

III.4. Préparation du pain de mie

Le pain de mie est l'archétype du pain anglais C'est un type de pain à la croûte presque inexistante mais résistant, avec beaucoup de mie, très moelleux, avec une saveur assez neutre. Son alvéolage est serré et régulier, sa texture souple et plus ou moins élastique. On recherche un produit plutôt blanc pour les pains de mie. De plus, il se conserve assez longtemps. Le pain de mie industriel est souvent présenté découpé en tranches et vendu frais sous emballage. (Roussel *et al.*, 2010).

Recette pain de mie

La recette de base du pain de mie est représentée dans le tableau suivant :

Tableau 4 : ingrédients pain de mie

Ingrédients	Quantité
Farine	100 g
Eau	33,33 g
Lait	33,33 g
Levure boulangère	2 g
Huile végétale	6,67 g
Sucre	C à c
Sel	Une pincée

On prépare le levain en mélangeant les liquides tièdes (eau + lait) avec la levure boulangère et le sucre puis on l'ajoute petit à petit à la farine qui contient une pincée de sel jusqu'à l'obtention d'une pâte moelleuse, on ajoute l'huile et on pétrit, on laisse lever. On dégaze la pâte et on met dans les moules, on laisse lever une deuxième fois et on enfourne. Ceci est la recette de base. (Figure 6)

Pour notre étude on introduit la poudre de déchets et de pulpe de citrouille a différentes concentrations 5%, 10 %, et 15 % de la quantité totale de farine dans la pâte du pain de mie. Comme échantillon témoin, du pain de mie sans additif de citrouille a été évalué.



Figure 6 : étapes de préparation du pain de mie

III.4.1. Analyses physicochimiques du pain de mie

On a procédé aux mêmes étapes appliquées pour les poudres de déchets et de pulpe de citrouille pour réaliser les analyses physicochimiques (le taux d'humidité, le pH, les composés phénoliques et les caroténoïdes) du pain de mie.

III.5.1.1. Dosage du gluten (ISO 21415-2 2015)

Le gluten est la principale protéine de stockage des grains de blé. Le gluten est un mélange complexe de centaines de protéines apparentées mais distinctes, principalement la gliadine et la gluténine. Des protéines de stockage similaires existent comme la sécaline dans le seigle, l'hordéine dans l'orge et les avenines dans l'avoine et sont collectivement appelées « gluten » (Biesiekierski, 2017).

Pour la mesure de la quantité de gluten, on réalise un pâton témoin avec 10g de farine de blé (**m0**) mélangée avec de l'eau salée. D'autre part on incorpore les déchets ou de pulpe de citrouille séchés à des concentrations différentes à d'autres pâtons. Après 10 mn de repos, on isole le gluten par lixiviation, c'est à dire par lavage du pâton sous un mince filet d'eau tout en malaxant afin d'évacuer l'amidon et les matières solubles dans l'eau. Le gluten (**m1**) obtenu est essoré avant d'être pesé

La teneur en gluten est exprimée en pourcentage de la fraction massique de l'échantillon initial :

$$G (\%) = (m1/m0)100$$



Chapitre IV

Résultats et discussions

Résultats et discussions

IV.1. Résultats des analyses physicochimiques des poudres de pulpe et de déchets de citrouille

Le tableau 5 représente les résultats des analyses physicochimiques effectuées sur les poudres de déchets et de pulpe de citrouille séchés :

Tableau 5 : Résultats d'analyses physicochimique de déchets et de pulpe de citrouille

Echantillons	Teneur en eau		PH	Acidité titrable	Teneur en cendre	
	H%	MS%			%	MO %
Déchets citrouille	8,66±0,37	91,34	6,64±0,04	2,5±0,4	89,2	10,8
Pulpe de citrouille	11,33±0,32	88,67	6,30±0,03	1,6±0,4	91,2	8,8

IV.1.1. Teneur en eau

La teneur en eau est le paramètre principal des produits alimentaires qui influence la durée de stockage. Il est connu que la durée de conservation des produits à forte teneur en humidité est plus courte que celle des produits à faible teneur en humidité (**Rakcejeva, 2011**).

D'après les résultats obtenus on estime que les échantillons de déchets et de pulpe de citrouille séchés ont un taux d'humidité de 8,66±0,37 et 11,33±0,32 respectivement ; d'où la matière sèche est de 91,34% pour les déchets et de 88,67% pour la pulpe. Ces valeurs sont inférieures à celles trouvées par (**Norfezah et al., 2011**) (10.31±0.04 et 14.43 ±0.15), et proches à celles trouvées par (**Mala et Kurian, 2016**) 7.23±0,07 11.45±0,08. Cette différence peut s'expliquer par la méthode de séchage ou bien la variété de citrouille.

IV.1.2. PH

La détermination du pH des poudres de déchets et de pulpe de citrouille prise à la température ambiante, a révélé qu'il est presque neutre (6,64±0,04 6,30±0,03) respectivement. Nos résultats sont supérieurs à ceux trouvés par **Sassi et al (2018)** 5,62. De même pour les résultats de **Dhiman et al (2007)**, **Gopalan et al (1996)** qui ont enregistré un pH acide (4,5) pour la citrouille mûre. La valeur du pH de pulpe qu'on a trouvée est comprise dans l'intervalle donné par **Jocobo-Vanlenzuela et al (2011)** 5,40-6,40.

D'après **Messaid (2008)**, les différences notées sont tributaires d'un grand nombre de facteurs tels que la région, les conditions climatiques et l'état de maturation du fruit.

Résultats et discussions

IV.1.3. Acidité titrable

L'acidité titrable est une mesure de la concentration totale d'acide. Dans la titration avec une base, tous les ions H⁺ sont neutralisés qu'ils soient ionisés ou non.

Les taux d'acidité qu'on a trouvés sont $2,5\pm 0,04\%$ pour les déchets et $1,6\pm 0,04\%$ pour la pulpe, la valeur des déchets de citrouille est nettement supérieure à celle trouvée par (Nour et al., 2015) pour les déchets de tomate 0.21 ± 0.02 .

IV.1.4. Teneur en cendre

Le taux de cendre trouvé dans notre échantillon de pulpe 10,8% est proche de celui enregistré par Mala et Kurian (2016) 10.17 ± 0.02 , et nettement supérieur aux résultats trouvés par Kim et al (2012) 3.44 ± 0.04 , pour l'échantillon de déchets nos valeurs 8,8% sont supérieures à celles rapportées par Kim et al (2012) et Mala et Kurian (2016) 6.04 ± 0.05 et 6.30 ± 0.06 respectivement.

IV.2. Teneur en composés bioactifs et activité antioxydante

Le tableau 6 représente la teneur en composé bioactifs et activité antioxydante des poudres de déchets et de pulpe de citrouille séchés :

Tableau 6 : Teneur en composés bioactifs et activité antioxydante des poudres de déchets et de pulpe de citrouille séchés

Echantillons	Polyphénols (mg/g)	Flavonoïdes (mg/g)	Caroténoïdes (µg/g)	Activité antioxydante %
Déchets de citrouille	$0,146\pm 0,003$	$0,089\pm 0,014$	$443,09\pm 97,69$	$90,26\pm 0,74$
Pulpe de citrouille	$0,110\pm 0,007$	$0,505\pm 0,002$	$367,53\pm 20,086$	$71,4\pm 1,25$

IV.2.1. Teneur en composés phénoliques

IV.2.1.1. Teneur en polyphénols

Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 1g de matière végétale sèche (mg /g), en utilisant la progression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée avec l'acide gallique.

Résultats et discussions

Le résultat de la présente étude montre que la teneur en polyphénols de l'extrait de déchets et de pulpe utilisés est $0,146\pm 0,003\text{mg/g}$; $0,110\pm 0,007\text{mg/g}$ respectivement. On note une nette différence des résultats par rapport aux études de **Mala et Kurian, (2016)** qui ont révélé des valeurs de $5.19\pm 0.05\text{mg/g}$ $5.21\pm 0.06\text{mg/g}$ pour la citrouille crue. Cette différence peut être expliquée par le séchage effectué ou au déroulement du dosage des polyphénols.

La teneur et la nature des polyphénols présents dans les légumes varient en fonction de nombreux facteurs tels que les facteurs externes (biotiques et abiotiques), facteurs génétiques (variété et espèce), âge des organes, stades de maturation et les transformations de la matière première végétale réalisées par l'homme (**Barkat et Kadri, 2011**).

IV.2.1.2. La teneur en flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes pour les déchets de citrouille est de $(0,089\pm 0,014\text{mg/g})$, et de $(0,505\pm 0,002\text{ mg/g})$ pour l'extrait de pulpe. D'après l'étude de **Belkebla et al (2016)** la teneur en flavonoïdes de la pulpe est largement supérieure à celle de notre produit $(0,66\pm 0,02\text{mg/g})$, contrairement aux déchets qui en contiennent moins que notre produit $(0,30\pm 0,001\text{mg/g})$.

Cette différence entre les résultats de chaque étude est probablement liée à certains facteurs tels que : la variété, le stade de maturation, la géographie, le climat, la récolte et post récolte, ainsi qu'à l'analyse elle-même (**Provesi et al., 2011**).

IV.2.5. La teneur en caroténoïdes

La détermination des caroténoïdes a révélé que le taux de caroténoïdes dans les déchets et de $443,09\pm 97,69\text{ }\mu\text{g/g}$ et dans la pulpe est de $367,53\pm 200,86\text{ }\mu\text{g/g}$, ils sont supérieurs à ceux trouvés par **Carvalho et al (2014)** $(236.10\pm 6.81\text{ }\mu\text{g/g})$.

La composition des aliments en caroténoïdes est influencée par plusieurs facteurs tels que le cultivar ou variété ; la partie de la plante consommée ; le stade de maturation ; les conditions climatiques ou géographiques ; le site de production ; la récolte et manipulation après la récolte ; le traitement et le stockage (**Rodriguez-Amaya, 2001 ; Zdunic et al., 2015**).

IV.1.6. Activité antioxydante

Les antioxydants sont des composés qui inhibent ou retardent l'oxydation d'autres molécules en inhibant l'initiation ou la propagation de réactions en chaîne oxydantes. Ce sont des composés qui, lorsqu'ils sont ajoutés aux produits alimentaires, peuvent augmenter la durée de conservation en retardant le processus d'oxydation qui est l'une des principales

Résultats et discussions

raisons de la détérioration des produits alimentaires pendant la transformation et le stockage (Mala et Kurian, 2016).

La citrouille est une source potentielle d'antioxydants naturels tel que les polyphénols et les flavonoïdes. Dans notre étude l'activité antioxydante de déchets et de pulpe de citrouille, exprimée en pourcentage d'inhibition de DPPH est à $90,26 \pm 0,74$ $71,4 \pm 1,25$ respectivement. Nos valeurs sont significativement supérieures à ceux trouvé par Sello et Mostafa (2017) 32.44% pour la poudre de citrouille séché dans un séchoir a l'air.

Ces résultats s'expliquent par les concentrations élevées de composés phénoliques et de caroténoïdes dans les déchets et la pulpe de citrouille, comme indiqué dans le tableau

IV.1.6. Teneur en composés principaux de déchets et de pulpe de citrouille

Le tableau 7 représente les valeurs de composés principales de déchets et de pulpe de citrouille

Tableau 7 : Teneur en composés principaux de déchets et de pulpe de citrouille

Echantillons	Lipides	Protéines	Glucides
	%	mg/g	mg/g
Déchets de citrouille	2	$0,41 \pm 0,13$	$14,33 \pm 0,70$
Pulpe de citrouille	0,8	$0,40 \pm 0,07$	$14,66 \pm 0,30$

IV.1.6.1. Lipides

D'après les résultats obtenus, la teneur en lipides est de l'ordre de 2% pour les déchets et de 0,8% pour la pulpe de citrouille. Selon Kim et al (2012) la teneur en lipides dans les déchets 4.71 ± 0.69 est supérieure à celle trouvée dans cette présente étude, tandis que la teneur en lipides dans la pulpe qui est plus faible 0.55 ± 0.14 est inférieure à nos résultats.

IV.1.6.1. Protéines

Les protéines sont des substances alimentaires qui sont très importantes pour le corps, car ces substances fonctionnent comme un élément constitutif et régulateur (De Deken-Grenson, 1953).

Résultats et discussions

La teneur en protéines obtenue à partir de déchets et de pulpe de citrouille est de $0,41 \pm 0,13$; $0,40 \pm 0,07$ respectivement, ces valeurs sont extrêmement inférieures à celles trouvées par **Kim et al (2012)** (9.25 ± 0.12 2.08 ± 0.11). Par contre la teneur en protéines de notre pulpe est supérieure à celle trouvée par **Kamsiati (2010)**, où la teneur en protéines de la farine de citrouille jaune est de 3,74%, cette différence peut s'expliquer par la variété.

IV.1.6.1. Glucides

Les résultats trouvés au cours de la détermination du taux de glucides $14,33 \pm 0,70$ pour les déchets et $14,66 \pm 0,30$ pour la pulpe sont inférieurs à ceux révélés par **Kim et al (2012)** qui sont de l'ordre de 43.76 ± 0.74 pour les déchets et 26.23 ± 0.20 pour la pulpe. Cette différence peut être expliquée par la variété ou bien le degré de maturation de citrouille.

Résultats et discussions

IV.2. Résultats d'analyses microbiologiques

L'interprétation des résultats a été faite en tenant compte des critères définis par la réglementation algérienne, normes fixées par le Journal Officiel de la République Algérienne (JORA) N°39 du 2 juillet 2017. Les résultats sont exprimés en nombre d'unité formant colonies par gramme de déchets ou de pulpe de citrouille (UFC/g).

Nous avons opté pour un plan à trois classes, ce plan est ainsi désigné parce que les résultats des examens interprétés sur cette base permettent de fixer trois classes de contamination, à savoir :

- Celle inférieure ou égale au critère "**m**" ; le seuil au-dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante.
- Celle comprise entre le critère "**m**" et le seuil "**M**" ; sont de qualité acceptable
- Celle supérieure au seuil "**M**", seuil limite d'acceptabilité, au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants, le produit est considéré comme toxique.

Tableau 8 : résultats des analyses microbiologiques de poudre de déchets et de pulpe de citrouille

Germes recherchés	Echantillons		Journal officiel	
	Déchets	Pulpe	m	M
Germes aérobies à 30°	6,5.10 ⁵ UFC /g	1,8.10 ⁵ UFC /g	3.10 ⁵	3.10 ⁶
Escherichia coli	Abs	Abs	10	10 ²
Anaérobie sulfito-réducteur	10 ² UFC /g	10 ² UFC /g	30	3.10 ²
Staphylocoques à coagulase+	9.10 ² UFC /g	Absence	10 ²	10 ³
Salmonella	Absence	Absence	Absence en 25g	
Moisissures	86,36 UFC /g	68,18 UFC /g	10 ²	10 ³

Résultats et discussions

Nos analyses ont révélé la présence des germes aérobies à 30° pour les déchets de citrouille à des concentrations contenues dans l'intervalle critère "**m**" et seuil "**M**". Pour la pulpe, les résultats sont inférieurs au critère "**m**". Les germes Anaérobies sulfite-réducteurs sont présents dans les déchets et pulpe de citrouille à des valeurs comprises entre le critère "**m**" et le seuil "**M**". On note une absence totale des staphylocoques dans la pulpe de citrouille contrairement aux déchets qui en contiennent des valeurs comprises entre le critère "**m**" et le seuil "**M**". Absence totale de *Escherichia coli* et aucune salmonelle n'a été mise en évidence dans les 25 grammes d'échantillons de déchets et de pulpes de citrouille.

- ✓ D'après ces résultats on constate que notre poudre de déchets et de pulpe de citrouille est de qualité microbiologique acceptable. Ces contaminations peuvent être expliquées par le séchage effectué à l'air libre.
- ✓ Notre poudre est incorporée dans le pain de mie qui a subi une cuisson à 160°C pendant 30 min. L'effet de chaleur élimine la charge bactérienne déjà trouvée dans nos résultats.

Résultats et discussions

IV.3. Résultats d'analyses physicochimiques du pain de mie

Les résultats d'analyses physicochimiques effectuées sur le pain de mie sont présentés dans le tableau 9

Tableau 9 : Résultats d'analyses physicochimiques du pain de mie

Echantillons	Teneur en eau		pH
	H%	MS%	
100% farine	26±0,007	74	5,4±0,035
5% déchets	27±0,028	73	5,5±0,014
10% déchets	32±0,014	68	5,6±0,007
15% déchets	35±0,007	65	5,6±0,007
5% pulpe	34±0,007	66	5,6±0,021
10% pulpe	36±0,007	64	5,5±0,007
15% pulpe	39±0,014	61	5,7±0,035

IV.3.1. Teneur en eau

La teneur en eau des pains de mie augmente avec l'augmentation des concentrations d'ajout de poudre de déchets et de pulpe de citrouille par rapport au témoin comme l'indique le tableau. Cependant les différences ne sont pas très considérables.

Le taux d'humidité de nos échantillons est proche de celui révélé par **Nour et al (2015)** pour le pain de mie enrichi déchets de tomate séchés dans le séchoir à plateaux à 60 °C, avec un taux d'humidité de 28.15±0.54 pour le pain additionné de 6% de déchets de tomate et de 29.83±0.98 à 10% d'ajout. La teneur en eau dans nos échantillons est supérieure à celle trouvée par **Sello et Mostafa (2017)** dans les cupcakes enrichis en poudre de pulpe de citrouille séchée a un séchoir à air, 21.70+0.34 pour les cupcakes à 5% d'ajout et de 22.16+0.20 pour 10% d'ajout.

IV.3.2. PH

Les valeurs du ph des différents pains sont proches de celle du témoin. Le ph des poudres de déchets et de pulpe de citrouille n'a pas affecté le ph du pain de mie. Nos valeurs sont proches de celles trouvées par **Rózyło et al (2014)** pour les pains de mie enrichis en pulpe de citrouille fraîche (**Tableau 10**).

Résultats et discussions

Tableau 10 : PH des pains de mie enrichis en pulpe de citrouille fraîche (Rózyło et al., 2014)

Échantillons	PH
0%	(5.68±0.06)
5%	(5.63±0.07)
10%	(5.56±0.08)
15%	(5.50±0.04)
20%	(5.49±0.03)

IV.3.3. Teneur en composés bioactifs du pain de mie

Les résultats de détermination des composés bioactifs du pain de mie sont représentés dans le tableau 11

Tableau 11 : résultats de composés bioactifs du pain de mie

Echantillons	Polyphénols mg/g	Flavonoïdes mg/g	Caroténoïdes µg/g
100% farine	0,095±0,002	0,008±0,0005	2,75±1,43
5% déchets	0,054±0,004	0,006±0,0007	5,14±0,63
10% déchets	0,053±0,002	0,075±0,0007	6,90±0,24
15% déchets	0,124±0,001	0,059±0,0760	9,6 ±0,04
5% pulpe	0,093±0,003	0,020±0,0005	6,62±0,66
10% pulpe	0,128±0,007	0,010±0,0005	12,44±0,17
15% pulpe	0,119±0,009	0,012±0,0007	16,84±0,04

La quantité des caroténoïdes dans le pain de mie est proportionnelle à la dose de l'ajout de poudres de déchets ou de pulpe de citrouille. Les pains additionnés de pulpe sont plus riches en caroténoïdes que ceux additionnés de déchets, et il en existe des traces dans l'échantillon témoin. La quantité a considérablement diminué dans les pains par rapport aux poudres de déchets et de pulpe de citrouille seules.

Résultats et discussions

Sello et Mostafa (2017) ont révélé une teneur en caroténoïdes de 0.359mg/100g pour les cupcakes à 5% et de 0.408 mg/100g à 10%, des valeurs qui sont inférieures aux notres. Cette différence peut s'expliquer par le mode de préparation différent des cupcakes et pain de mie et cuisson, la teneur en caroténoïdes de pulpe utilisée (2.7mg/100g) qui est inférieure à la teneur dans notre poudre.

Les valeurs en polyphénols et en flavonoïdes ont augmenté ou diminué indépendamment de la concentration d'ajout de déchets ou de pulpe de citrouille séchés, **Rózyło et al (2014)** ont abouti aux mêmes résultats, augmentation et diminution sans rapport avec les concentrations des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes, comme l'indique le **tableau 12**.

Tableau 12 : teneur en composés phénoliques les pains de mie enrichis en pulpe de citrouille fraîche (**Rózyło et al., 2014**)

Échantillons	Polyphénols mg/g	Flavonoïdes mg/g
0%	(6.3±0.9)	(2.8±0.1)
5%	(6.1±0.7)	(2.6±0.2)
10%	(7.3±1.0)	(3.9±0.2)
15%	(6.8±0.8)	(1.91±0.08)
20%	(7.2±0.9)	(1.96±0.09)

Au cours de la cuisson (température à 160°C), les molécules subissent un choc, elles se brisent et se recombinaient au hasard à d'autres molécules pour former de nouvelles structures très complexes, comme la polymérisation des sucres, oxydation, polymérisation et cyclisation des huiles. La cuisson peut dégrader certaines molécules fonctionnelles utiles pour notre organisme, notamment les antioxydants contenus dans notre alimentation. Ces substances protectrices peuvent être inactivées par la chaleur ou s'échapper pour être empruntées par l'eau de cuisson. (**Seignalet, 2004**).

La teneur en polyphénols totaux de la plupart des fruits et légumes est diminuée par la cuisson ou l'exposition à de fortes températures (**Roger et Fernande, 2018**), en parallèle, les

Résultats et discussions

polyphénols peuvent subir une oxydation ou une condensation avec la lysine (**Bernard et carlier, 1992**).

Selon **Rodriguez-Amaya (1997)**, l'oxydation favorisée par la présence de la lumière, la chaleur et l'oxygène est la cause principale de la destruction des caroténoïdes.

Les pertes en flavonoïdes, lors de la cuisson, dépendent de leur nature chimique, la quercétine 3, 4'-diglucoside, étant un composé plus polaire, migre plus facilement du légume que les autres flavonoïdes moins polaires (quercétine 4'-glucoside et quercétine) (**Rodriguez et al., 2007**).

IV.3.4. Taux du gluten

Le taux de gluten trouvé dans les pains de mie à différentes concentrations est représenté dans le tableau 13

Tableau 13 : les taux de gluten des pains de mie à différentes concentrations

	100% farine	5% déchets	10% déchets	15% déchets	5% pulpe	10% pulpe	15% pulpe
Gluten	44%	36%	28%	20%	32%	24%	16%

Le pain témoin est plus riche en gluten que les pains de mie additionnés de poudre, plus on augmente les concentrations d'ajout plus la quantité de gluten diminue. La diminution est plus importante dans le pain contenant la pulpe que de celui contenant les déchets. Donc notre poudre de déchets et pulpe de citrouille séchés influence le taux de gluten dans le pain de mie

IV.3.3. Effets de l'ajout de déchets et de pulpe de citrouille sur la physico-chimie et les Caractéristiques boulangères du pain de mie

Les résultats des propriétés physico-chimiques des pains témoin et supplémentés sont donnés dans le tableau. L'ajout de déchets et de pulpe séchés affecte la teneur en eau et en gluten du pain. Les teneurs en humidité étaient plus élevées dans les échantillons de pain additionnés de déchets et de pulpe que dans l'échantillon témoin. La teneur en humidité des pains supplémentés augmentait avec l'augmentation de l'addition de déchets et de pulpe. Cela peut être attribué à une plus grande capacité de rétention d'eau des déchets et pulpe séchés de citrouille que celle de la farine de blé. Inversement à la teneur en eau le gluten diminue avec l'augmentation des concentrations d'ajout.

Le volume spécifique était plus faible dans les échantillons complétés par des déchets et pulpe séchés. Généralement, le volume dépend de la formation de gaz, qui dépend de nombreux facteurs tels que la levure, les sucres fermentescibles, le PH et la rétention de gaz, qui est affectée par la teneur en fibres et en gluten. L'ajout de déchets et pulpe séchés riches en fibres, peut réduire le volume du pain. D'autre part, les différences de volume spécifique peuvent être déterminées par l'augmentation de la masse de pains supplémentés en raison de leur teneur en humidité plus élevée, comme cela a été montré ci-dessus.

Les échantillons additionnés de déchets et pulpe de citrouille séchés présentaient une porosité inférieure à celles du témoin. Le volume spécifique plus élevé de l'échantillon témoin est en corrélation avec la porosité plus élevée de la mie de pain par rapport aux échantillons supplémentés. Ces différences peuvent également être perçues dans les images numériques en tranches (**Figure 7**).

Les différences spécifiques de volume et de porosité entre les échantillons témoin et supplémentés sont significatives, plus les concentrations de déchets et de pulpe ajoutés sont importantes moins la mie est poreuse et plus le pain est lourd. Nous pouvons donc dire que la supplémentation avec des déchets et de pulpe séchée à concentration minime donne des caractéristiques de cuisson comparables à du pain 100 % farine de blé.

La **figure 7** représente les échantillons du pain de mie qui ont été agrandis pour mieux montrer la porosité.

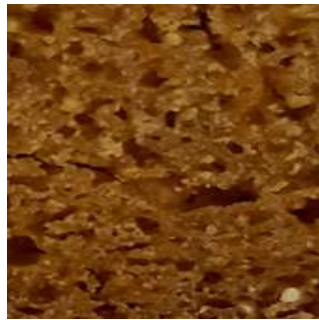
Résultats et discussions



**1. Pains de mie
enrichis en 5%
de poudre de
déchets**



**2. Pains de mie
enrichis en
10% de poudre
de déchets**



**3. Pains de mie
enrichis en
15% de poudre
de déchets**



**4. Pain de mie
100% farine**



**5. Pains de mie
enrichis en 5%
de poudre de
pulpe**

Résultats et discussions



6. Pains de mie enrichis en 10% de poudre de pulpe



7. Pains de mie enrichis en 15% de poudre de pulpe

Figure 7 : les pains de mie enrichis en poudres (1 : 5% déchets , 2 : 10% déchets, 3 : 15% déchets, 4 : 100% farine, 5 : 5% pulpe, 10% pulpe, 15% pulpe)

IV.3.4. Effets de l'ajout de déchets et de pulpe de citrouille sur la conservation du pain de mie

Les différents échantillons de pain sont laissés à températures ambiantes dans des sachets en plastique. Après 3 jours, l'échantillon témoin a commencé à moisir tandis que les échantillons auxquels on a ajouté les poudres de déchets et de pulpe séchés sont restés intacts, ce qui est représenté dans (**la figure 8**).

- ✓ Donc les poudres de déchets et de pulpe de citrouille ont contribué à la conservation des pains de mie.

Les scientifiques ont prouvé que les plantes ont des propriétés médicinales pour leurs activités biologiques allant des antimicrobiens aux antitumoraux. L'activité antimicrobienne des plantes a de nombreuses applications dans la conservation des aliments, les produits pharmaceutiques, la médecine alternative et les thérapies naturelles (**Dar et al., 2017**).



Pain de mie témoin



Pains additionnés en poudre de citrouille

Figure 8 : le pain de mie témoin moisi, pains additionnés intacts

Résultats et discussions

IV.4. Test de couleur

Le tableau 14 représente la valeur de couleur des pains de mie à différentes concentrations de déchets et pulpe de citrouille séchés classée sous les critères L^* (clarté), a^* (rougeur) et b^* (jaunissement). Le pain de mie produit avec 100% farine de blé a donné la valeur la plus élevée de L (75,62) ce qui montre que le témoin est plus clair que les pains de mie additionnés de poudres de citrouille. Les valeurs a^* et b^* augmentaient avec l'augmentation de concentration d'ajout de poudre de déchets et de pulpe de citrouille. Ceci est en relation avec le taux de caroténoïdes contenus dans les poudres ajoutées.

L'incorporation des déchets et de pulpe de citrouille a modifié les paramètres de couleur du pain de mie, la couleur est devenue moins claire, le critère L^* diminue en augmentant la concentration de l'ajout. Le pain rougit presque au même degré pour les déchets et la pulpe, tandis que le jaunissement est plus foncé dans le pain additionné de pulpe que de déchets de citrouille.

Tableau 14 : résultats de test de couleur

Paramètres	L^*	a^*	b^*
100% farine	75,62	3,11	22,23
Déchets 5%	71,24	6,01	27,93
Déchets 10%	64,79	8,06	28,67
Déchets 15%	63,08	8,82	28,78
Pulpe 5%	71,35	7,10	30,32
Pulpe 10%	71,56	8,38	34,60
Pulpe 15%	69,59	8,76	35,13

IV.5. Test sensoriel

L'analyse sensorielle ou métrologie sensorielle représente l'ensemble des méthodes, des outils et des instruments qui permettent d'évaluer les qualités organoleptiques d'un produit, c'est-à-dire les caractéristiques faisant intervenir les organes des sens de l'être humain : le goût, l'odorat, la vue, le toucher et l'ouïe. Elle permet de décrire et de quantifier de manière systématique l'ensemble des perceptions humaines (**Lefebvre et Bassereau, 2003**).

- Le test de dégustation s'est déroulé au niveau d'une salle dans la faculté SNV en présence des étudiants.
- Au moment de la dégustation chaque membre avait en face de lui 7 échantillons de pain de mie à déguster, 3 échantillons pain de mie correspondant au pain enrichi en déchet, 3 échantillons de pain enrichi en pulpe et un échantillon correspondant au pain témoin (**figure 9**).
- Les échantillons ont été présentés comme suite :
 - ✓ La référence **1** correspondante à l'échantillon (**5g** de déchets de citrouille).
 - ✓ La référence **2** correspondante à l'échantillon (**10g** de déchets de citrouille).
 - ✓ La référence **3** correspondante à l'échantillon (**15g** de déchets de citrouille).
 - ✓ La référence **4** correspondante à l'échantillon témoin (**100%** farine).
 - ✓ La référence **5** correspondante à l'échantillon (**5g** de pulpe de citrouille).
 - ✓ La référence **6** correspondante à l'échantillon (**10g** de pulpe de citrouille).
 - ✓ La référence **7** correspondante à l'échantillon (**15g** de pulpe de citrouille).

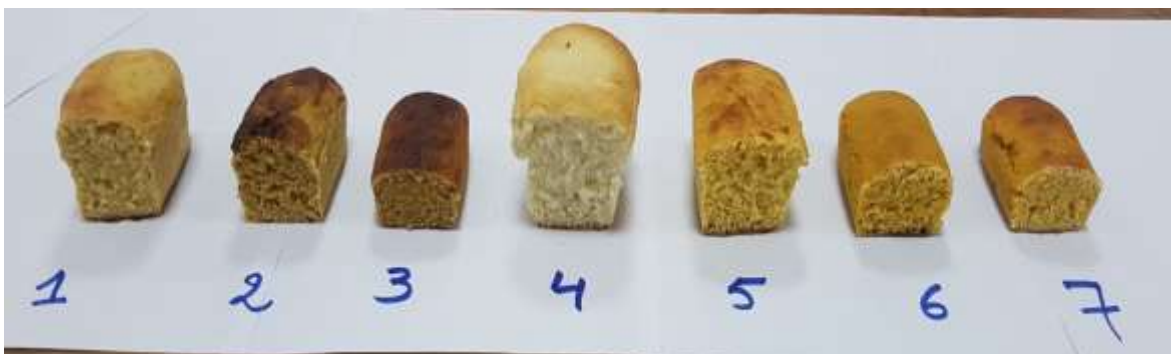


Figure 9 : échantillons de pain de mie a dégusté

- Les différentes étapes de l'analyse sensorielle de nos produits
 - ✓ La saveur
 - ✓ L'odeur
 - ✓ Le couleur

Résultats et discussions

✓ La texture

▪ Saveur

Les résultats de saveur du pain de mie préparé sont présentés dans la figure 10.

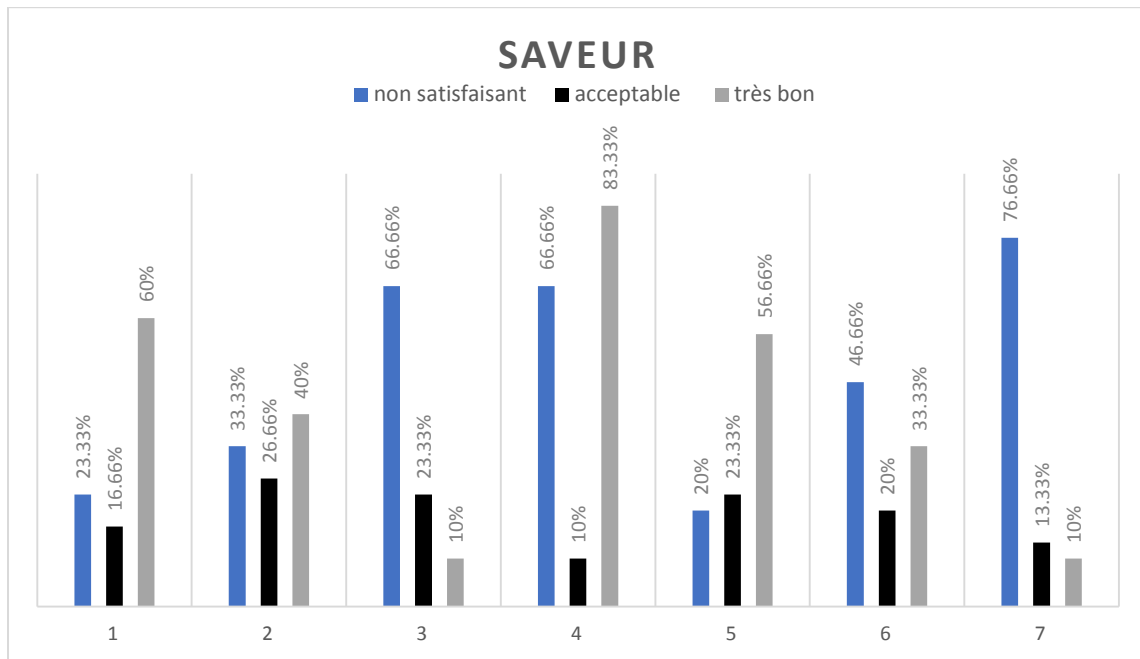
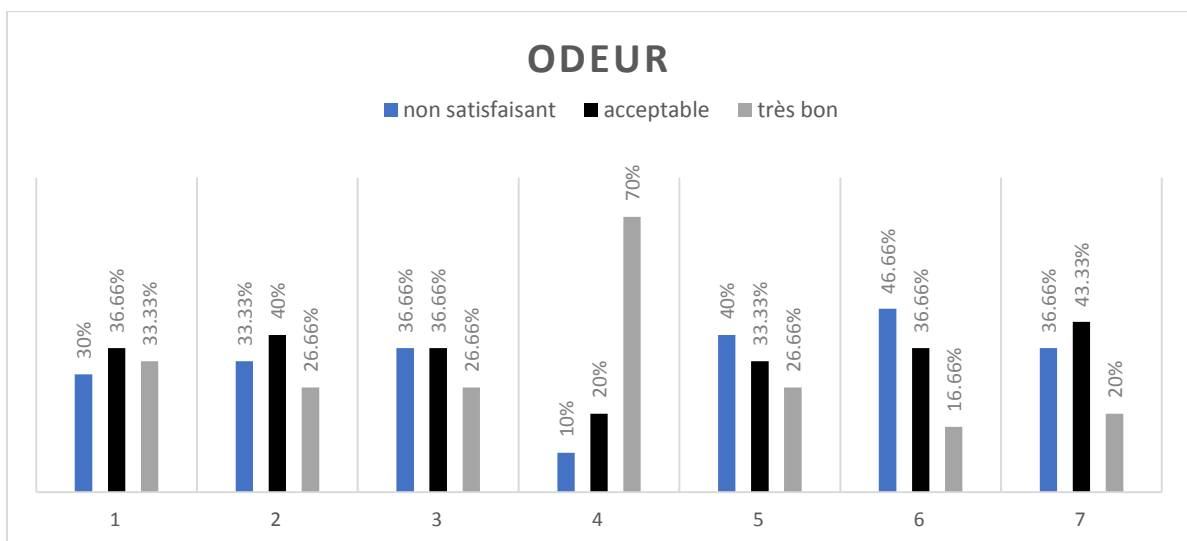


Figure 10 : Résultats de l'appréciation des produits sur la saveur.

A partir des résultats obtenus, et la comparaison avec l'échantillon 4 (le témoin) qui a une saveur très acceptable à 83% on remarque que le pain obtenu par l'incorporation de 5% de déchets de citrouille est le plus accepté par les dégustateurs avec un pourcentage de 60% suivi du pain obtenu par l'incorporation de 5g de pulpe avec un pourcentage de 57%.

▪ Odeur

Les résultats d'odeur du pain de mie préparé sont présentés dans la figure 11.



Résultats et discussions

Figure 11 : Résultats de l'appréciation des produits sur l'odeur

A partir des résultats obtenus, et la comparaison avec l'échantillon 4 (le témoin) qui a une odeur acceptable (à 70%) : odeur habituelle du pain, le taux d'acceptation du pain obtenu par l'incorporation de déchets de citrouille est de 33%. Le désagrément est proportionnel à la quantité de déchets et pulpe de citrouille utilisée : plus la quantité de déchets ou de pulpe de citrouille augmente plus l'odeur est forte et désagréable pour les dégustateurs.

▪ Couleur

Les résultats de couleur du pain de mie préparé sont présentés dans la figure 12.

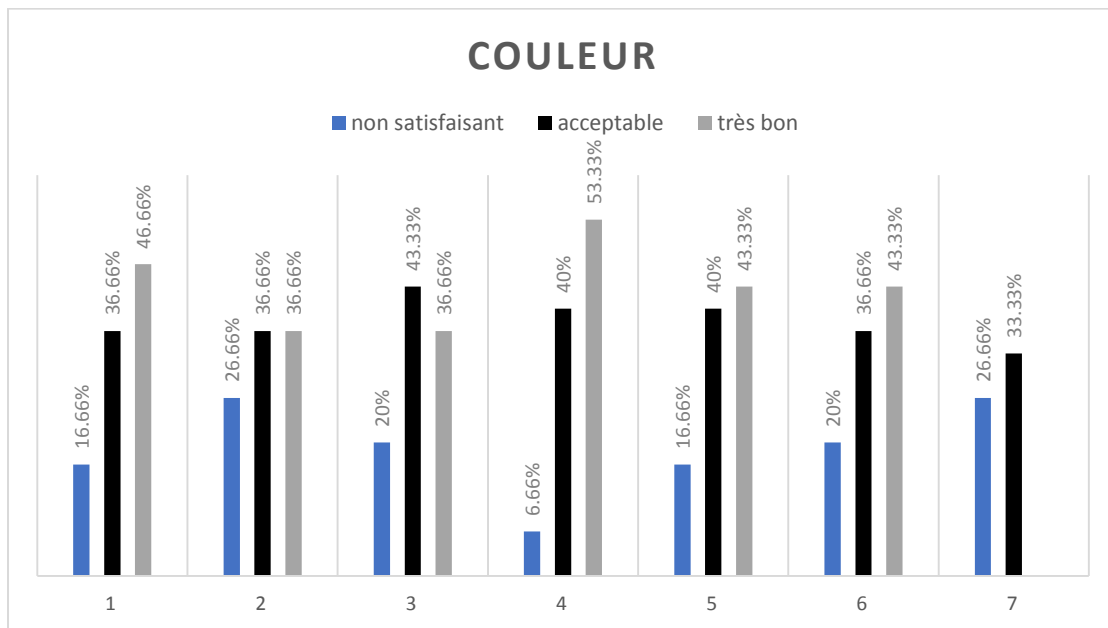


Figure 12 : Résultats de l'appréciation des produits sur la couleur

A partir des résultats obtenus sur le plant couleur, les pains étaient acceptables à des degrés différents (un dégradé de jaune correspondant à la quantité de déchets et de pulpe de citrouille incorporé : plus la quantité augmente plus la couleur fonce). Toutefois le témoin est le préféré vue l'habitude de l'œil des dégustateurs.

▪ Texture

Les résultats de texture du pain de mie préparé sont présentés dans la figure 13.

Résultats et discussions

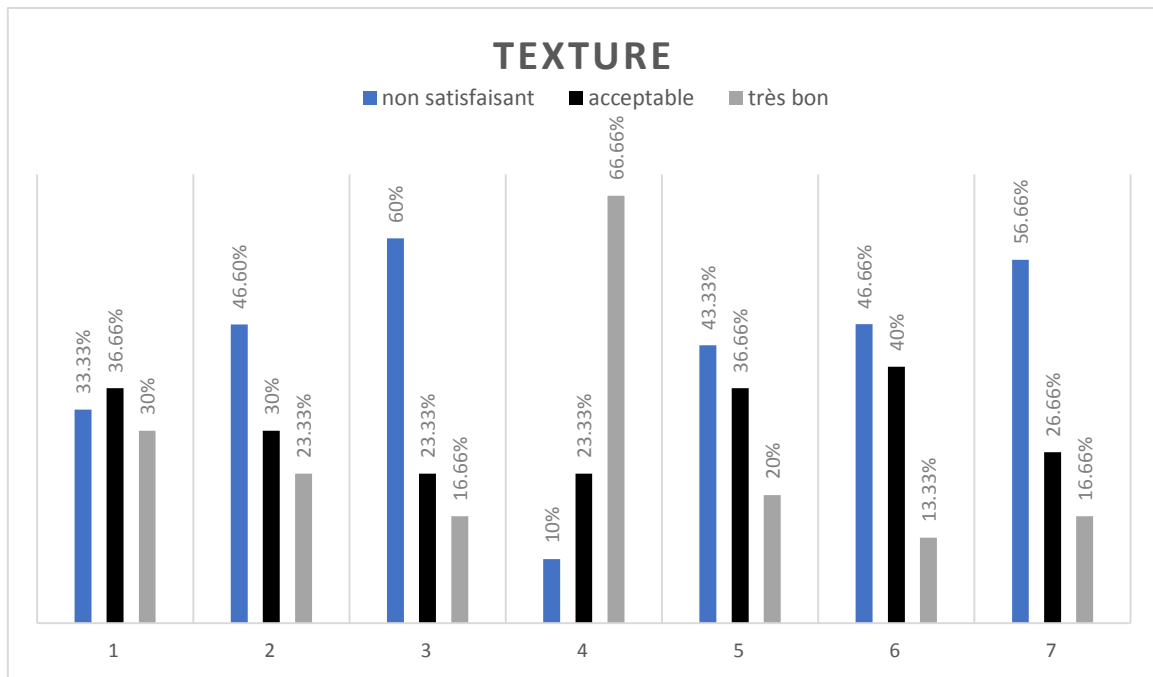
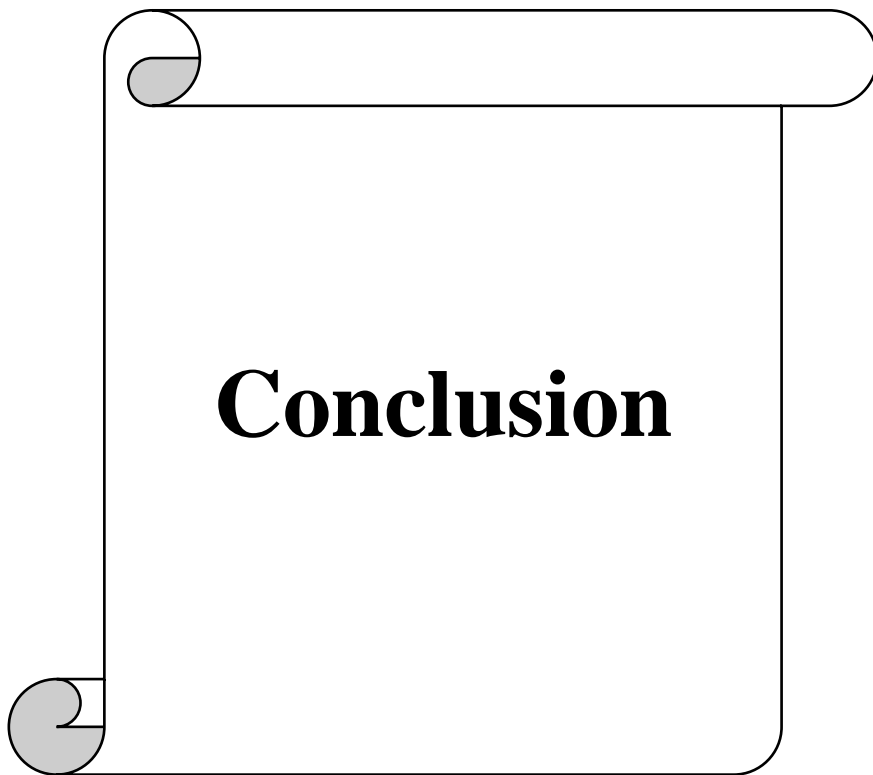


Figure 13 : Résultats de l'appréciation des produits sur la texture

L'évaluation selon la texture a révélé que le pain le mieux apprécié est l'échantillon 4 (le témoin) à 66%. Plus la concentration en poudre augmente plus la texture du pain devient désagréable, la concentration élevée de poudre de déchets ou de pulpe de citrouille le rend pâteux et lourd.

- Ces résultats permettent de conclure que les taux d'incorporation de déchets et de pulpe choisis dans le pain de mie, modifient la texture, le goût et la saveur, et elle touche légèrement la couleur. On se basant sur le test de dégustation, on peut dire que les échantillons à 5% de déchets et de pulpe sont les plus acceptables après le témoin.
- ✓ Les dégustateurs ont été unanimes quant à l'appréciation de la couleur des pains de différentes concentrations, plus les concentrations d'ajouts sont augmentées moins la saveur et la texture leurs plaisaient. L'odeur qui augmente avec la concentration de déchets et de pulpe de citrouille séchés a été désagréable pour certains dégustateurs. A des concentrations moindres les pains auraient été plus acceptables dans les différentes propriétés



Conclusion

Conclusion

La citrouille est riche en antioxydants ayant des propriétés bénéfiques pour la santé, mais une partie de ce fruit-légume, constituant les déchets, finit dans les ordures. L'utilisation des sous-produits des industries agro-alimentaires constitue une excellente voie de valorisation.

Les fractions de peau de citrouille pourraient être utilisées comme ingrédient ajouté précieux dans d'autres produits alimentaires. Ces déchets pourraient jouer un rôle important dans l'amélioration de l'apport en antioxydants dans l'alimentation humaine.

L'évaluation du pouvoir antioxydant de l'extrait phénolique de déchets et de pulpe de citrouille séchés par la méthode du DPPH, a montré une activité très importante exprimée en pourcentage de réduction du DPPH allant jusqu'à 71,4% pour la pulpe et de 90,26% pour les déchets. Ce pouvoir antioxydant est dû à la présence de quantité importante des polyphénols ($0,146 \pm 0,003 \text{mg/g}$ pour les déchets et $0,110 \pm 0,007 \text{mg/g}$ pour la pulpe) et des flavonoïdes ($0,089 \pm 0,014 \text{mg/g}$ pour les déchets et $0,505 \pm 0,002 \text{mg/g}$ pour la pulpe).

La quantité importante de caroténoïdes présente dans notre matière première $443,09 \mu\text{g/g}$ dans les déchets $367,53 \mu\text{g/g}$ dans la pulpe, donne une couleur agréable au pain de mie.

Les résultats microbiologiques de la matière première montrent que nos poudres de déchets et de pulpe de citrouille sont de qualité microbiologique acceptable.

D'autre part, on a évalué le taux de certains composés bioactifs : les caroténoïdes totaux, les polyphénols, les flavonoïdes et leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques, boulangères, de couleur et la qualité de cuisson dans les différents échantillons de pain de mie. Une analyse sensorielle a révélé que la citrouille à 5% d'ajout est la plus acceptable après le témoin.

Les résultats obtenus permettent de dire que les déchets et la pulpe de citrouille présentent une source précieuse de composés actifs pour la complémentation du pain de mie. L'ajout de déchets et de pulpe de citrouille directement à la farine de blé à faible concentration donne des résultats de cuisson satisfaisants.

Les résultats ont révélé que les déchets et la pulpe de citrouille pouvaient être utilisés avec succès comme ingrédient fonctionnel pour l'élaboration d'aliments fonctionnels riches en antioxydants qui minimisent l'oxydation et prolongent la durée de conservation du pain de mie.

Au vu des résultats obtenus, il nous paraît judicieux d'approfondir le présent travail par :

Conclusion

- Un test d'alvéolage du pain de mie
- Détermination des composés principaux du pain de mie
- Etude comparative de différentes méthodes de séchage.
- Changement de type de farine (farine de seigle, farine de maïs, farine d'avoine...) utilisée pour le pain de mie.
- Enrichissement d'autres types d'aliment avec la poudre de citrouille (yaourt, pate alimentaire ...).



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

- **Achilonu, M. C., Nwafor, I. C., Umesiobi, D. O., & Sedibe, M. M.** (2018). Biochemical proximates of pumpkin (Cucurbitaceae spp.) and their beneficial effects on the general well-being of poultry species. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 102(1), 5-16.
- **Adnan, M., Gul, S., Batool, S., Fatima, B., Rehman, A., Yaqoob, S., & Aziz, M. A.** (2017). A review on the ethnobotany, phytochemistry, pharmacology and nutritional composition of *Cucurbita pepo* L. *The Journal of Phytopharmacology*, 6(2), 133-139
- **Akwap, P.** (2019). Nutritional quality of pumpkins (*cucurbita pepo* L) seeds based on the mineral and fatty acid composition (Doctoral dissertation, Kyambogo University).
- **Alves Da Costa Cardoso, L.** (2008). Identification de facteurs opératoires influents en vue d'une production microbienne optimale de torularhodine et de sa fonctionnalisation enzymatique, à partir d'études cinétiques (Doctoral dissertation, Vandoeuvre-les-Nancy, INPL).
- **Bahorun T. ; Gressier B. ; Trotin F. ; Brunet C. ; Dine T. ; Luyckx M. ; et autres ; Vasseur J. ; Cazin M. ; Cazin J.C. ; Pincas M.** (1996). Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel Forshing*, 46 (11), pp 1086-1089.
- **Bardaa, S., Halima, N. B., Aloui, F., Mansour, R. B., Jabeur, H., Bouaziz, M., & Sahnoun, Z.** (2016). Oil from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds: evaluation of its functional properties on wound healing in rats. *Lipids in health and disease*, 15(1), 1-12
- **Barkat M. et Kadri F.** (2011). Impact de deux modes de cuisson sur la teneur en polyphénols solubles de six légumes. *Revue de génie industriel*. 6 : 41-45.
- **Belkebla, A., Brahmi, F. E., & Makhloufi, N.** (2016). Optimisation de l'extraction des composés phénoliques et élaboration d'un yaourt à base de la courge.
- **Benalia, M., Djeridane, A., Gourine, N., Nia, S., Ajandouz, E., & Yousfi, M.** (2015). Fatty acid profile, tocopherols content and antioxidant activity of algerian

Références bibliographiques

- pumpkin seeds oil (*Cucurbita pepo* L). *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 8(1), 9-25.
- **Bernard A. et Carlier H.** (1992). Aspect Nutritionnels des constituants des aliments, influence des technologies. Edition. 8ème édition. Tec et Doc, Lavoisier, Paris. (94-95).
 - **Biesiekierski, J. R.** (2017). What is gluten?. *Journal of gastroenterology and hepatology*, 32, 78-81.
 - **Blessing, A. C., Ifeanyi, U. M., & Chijioke, O. B.** (2011). Nutritional evaluation of some Nigerian pumpkins (*Cucurbita* spp.). *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 5(2), 64-71.
 - **Bouamar S.** (2019). Activités Biologiques des Caroténoïdes et des Polyphénols de la courge (*Cucurbita moschata* D.) Thèse de Doctorat LMD en Nutrition et Santé, Université de Mostaganem.
 - **Boumhiriz. R.** (2017), Etude in vitro de l'efficacité de l'extrait hydro-éthanolique des feuilles matures de la courge *cucurbita pepo*, et de l'extrait hydro-méthanolique des feuilles de la menthe *menthaspicata* sur les larves de *T. Absoluta*, Master de l'Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaghanem.
 - **Caili, F. U., Huan, S., & Quanhong, L. I.** (2006). A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. *Plant foods for human nutrition*, 61(2), 70-77
 - **Caili, F., Haijun, T., Tongyi, C., Yi, L., & Quanhong, L.** (2007). Some properties of an acidic protein-bound polysaccharide from the fruit of pumpkin. *Food chemistry*, 100(3), 944-947.
 - **Carvalho, L. M. J. D., Smiderle, L. D. A. S. M., Carvalho, J. L. V. D., Cardoso, F. D. S. N., & Koblitiz, M. G. B.** (2014). Assessment of carotenoids in pumpkins after different home cooking conditions. *Food Science and Technology*, 34, 365-370.
 - **Chomicki, G., Schaefer, H., & Renner, S. S.** (2020). Origin and domestication of Cucurbitaceae crops: Insights from phylogenies, genomics and archaeology. *New Phytologist*, 226(5), 1240-1255.

Références bibliographiques

- **Chorfa, A.** (2016). Valorisation des sous-produits de la transformation industrielle de la tomate : Evaluation des activités antibactériennes et antioxydantes de l'Huile Essentielle des graines de tomates. Master en Agronomie Biotechnologie Alimentaire, Université Abdelhamid Ben Badis Mostaganem.
- **Craig, WJ** (1997). Phytochimiques. Journal de l'American Dietetic Association, 97 (10),S199 – S204.
- **Dar, A. H., Sofi, S. A., & Rafiq, S.** (2017). Pumpkin the functional and therapeutic ingredient: A review. Int. J. Food Sci. Nutr, 2(6), 165-170.
- **De Deken-Grenson, M.** (1953). Synthèse des protéines et vitesse de renouvellement du phosphore de l'acide ribonucléique. Biochimica et Biophysica Acta, 12(1-2), 560–569.
- **Dhiman, A. K., Sharma, K. D., & Attri, S.** (2009). Functional constituents and processing of pumpkin: A review. Journal of Food Science and Technology, 46(5), 411.
- **Dickerson, G. W.** (1991). Commercial pumpkin production for New Mexico. Guide H-New Mexico State University, Cooperative Extension Service (USA)
- **Elkin A, Philippe B, Sergi C, Silvia P, Pilar M** (2014) Carotenoids in Animal Nutrition. Fefana Publication.
- **FAOSTAT.** Cultivos: Calabaza, zapallos, calabaza confitera. Disponible en line : <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize> (consulter le 10 mars 2021).
- **Fernández-García, E., Carvajal-Lérida, I., Jarén-Galán, M., Garrido-Fernández, J., Pérez-Gálvez, A., & Hornero-Méndez, D.** (2012). Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities. Food Research International, 46(2), 438-450.
- **Ghedira, K., & Goetz, P.** (2013). Cucurbita pepo L.(Cucurbitaceae) Graine de courge ou citrouille. Phytothérapie, 11(1), 46-51.
- **Gu, Z., Deming, C., Yongbin, H., Zhigang, C., & Feirong, G.** (2008). Optimization of carotenoids extraction from Rhodobacter sphaeroides. LWT-Food Science and Technology, 41(6), 1082-1088.

Références bibliographiques

- **Halliwell, B.** (1993). The role of oxygen radicals in human disease, with particular reference to the vascular system. *Pathophysiology of Haemostasis and Thrombosis*, 23(Suppl. 1), 118-126
- **Hammer, KA, Carson, CF et Riley, TV** (1999). Activité antimicrobienne des huiles essentielles et autres extraits de plantes. *Journal of Applied Microbiology*, 86 (6), 985–990.
- **Hammouche, N., Benouadfel, F., & Maouche, N. E.** (2012). Optimisation de l'extraction des polyphénols totaux et l'activité antioxydante de deux espèces de courge (*Cucurbita pepo* et *Cucurbita moschata*).
- **Janick, J., & Paris, H. S.** (2006). The cucurbit images (1515–1518) of the Villa Farnesina, Rome. *Annals of Botany*, 97(2), 165-176. Jian L, Du CJ, Lee AH, et al. (2005) Do dietary lycopene and other carotenoids protect against prostate cancer *Int J Cancer* 113, 1010–1014
- **Kalšan, M.** (2015). Proizvodnja bučinog ulja (Doctoral dissertation, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY. Department of Food Technologies)
- **Kamazawa S, Tanguchi M., Suzuki Y., Shimra M., Kwon M-S et Nakayama T.** (2002). Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 373 – 377.
- **Kamsiati, E.** (2010). Prospect of fruit chip processing technology development using vacuum frying. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 29(2), 73-77.
- **Karsheva M., KIROVA E. et Alexandrova S.** (2013). Natural antioxidants from citrus mandarin peels. Extraction of polyphenols; effect of operational conditions on total polyphenols contents and antioxidant activity. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 48(1): 35-41.
- **Kates, H. R., Soltis, P. S., & Soltis, D. E.** (2017). Evolutionary and domestication history of *Cucurbita* (pumpkin and squash) species inferred from 44 nuclear loci. *Molecular phylogenetics and evolution*, 111, 98-109.

Références bibliographiques

- **Khennouss, K.** (2015) : Caractérisation de l'huile des graines de Citrouille (*Cucurbita pepo*) et essai d'incorporation dans la margarine de CEVITAL spa. 35p.
- **Komalig, D. F., Leke, J. R., Laihat, J., & Sarajar, C.** (2016). Penggunaan tepung limbah labu kuning dalam ransum terhadap penampilan produksi ayam ras petelur. *ZOOTEC*, 36(2), 342-352.
- **Kwon, Y. I., Apostolidis, E., Kim, Y. C., & Shetty, K.** (2007). Health benefits of traditional corn, beans, and pumpkin: in vitro studies for hyperglycemia and hypertension management. *Journal of medicinal food*, 10(2), 266-275.
- **Lee HS,** (2001). Characterization of carotenoids in juice of red navel orange (Cara Cara). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, p2563–2568.
- **Lefebvre, A., & Bassereau, J. F.** (2003). L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception : ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration. *Application aux emballages*, 10, 3-11.
- **Lima, P. M., Rubio, F. T., Silva, M. P., Pinho, L. S., Kasemodel, M. G., Favaro-Trindade, C. S., & Dacanal, G. C.** (2019). Nutritional Value and Modelling of Carotenoids Extraction from Pumpkin (*Cucurbita Moschata*) Peel Flour By-Product. *International Journal of Food Engineering*, 15(5-6).
- **Listyarini, R. V., Susilawati, P. R., Cahyaningrum, R., & Tonapa, N.** (2020) Karakterisasi Bioplastik dari Pektin Kulit Labu Kuning (*Cucurbita moschata* Durch).
- **Louahedj, B., Tebbakh, DJ.** (2016). Etude comparative des taux de réussite des greffes chez la tomate (trois variétés hybrides greffées sur deux variétés de porte-greffes de tomate) ainsi que des taux de réussite des greffes de pastèque (trois variétés de pastèque greffées sur deux variétés de courge) p 120
- **Maadsi, L., Khaled, H.** (2012). Mémoire de Fin de Cycle. Effet de la cuisson sur la teneur en polyphénols totaux et l'activité antioxydante de deux espèces de courge (*Cucurbita pepo* et *Cucurbita moschata*) récoltées à Bejaia. 55p.
- **Maiani, G., Periago Castón, M. J., Catasta, G., Toti, E., Cambrodón, I. G., Bysted, A.... &Schlemmer, U.** (2009). Carotenoids: actual knowledge on food

Références bibliographiques

sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. *Molecular nutrition & food research*, 53(S2), S194-S218.

- **Mala, K. S., & Kurian, A. E.** (2016). Nutritional Composition and antioxidant activity of pumpkin wastes. *International Journal of Pharmaceutical, Chemical & Biological Sciences*, 6(3).
- **Mata-Gómez, L. C., Montañez, J. C., Méndez-Zavala, A., & Aguilar, C. N.** (2014). Biotechnological production of carotenoids by yeasts: an overview. *Microbial cell factories*, 13(1), 1-11.
- **Materska, M.** (2014). Bioactive phenolics of fresh and freeze-dried sweet and semi-spicy pepper fruits (*Capsicum annum* L.). *Journal of Functional Foods*, 7, 269-277.
- **Mezzomo, N., & Ferreira, S. R.** (2016). Carotenoids functionality, sources, and processing by supercritical technology: a review. *Journal of Chemistry*, 2016.
- **Molyneux, P.** (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity songklanakarin. *Journal of science technology*, 26 (2): 211- 219.
- **Mrad N,** (20110). Valorisation des déchets grasseeux de poisson en biocombustible pour moteur diesel. Thèse de doctorat. Université de Nantes France, pp 145-150.
- **Nawirska-Olszańska, A., Kita, A., Biesiada, A., Sokół-Lętowska, A., & Kucharska, A. Z.** (2013). Characteristics of antioxidant activity and composition of pumpkin seed oils in 12 cultivars. *Food chemistry*, 139(1-4), 155-161.
- **Norfezah, M. N., Hardacre, A., & Brennan, C. S.** (2011). Comparison of waste pumpkin material and its potential use in extruded snack foods. *Food Science and Technology International*, 17(4), 367-373
- **Nour, V., Ionica, M. E., & Trandafir, I.** (2015). Bread enriched in lycopene and other bioactive compounds by addition of dry tomato waste. *Journal of food science and technology*, 52(12), 8260-8267

Références bibliographiques

- **Otitoju, G. T. O., Ene-Obong, H. N., & Otitoju, O.** (2014). Macro and micro-nutrient composition of some indigenous green leafy vegetables in South-East Zone Nigeria. *J Food Process Technol*, 5(389), 2.
- **Owen P.L., Johns T.** (1999). Xanthine oxidase inhibitory activity of north eastern North American plant remedies used for gout. *Journal of Ethnopharmacology*, 64, pp149-160.
- **Pitrat, M.** (2016). Melon genetic resources: phenotypic diversity and horticultural taxonomy. In *Genetics and genomics of Cucurbitaceae* (pp. 25-60). Springer, Cham.
- **Provesi, J. G., & Amante, E. R.** (2015). Carotenoids in pumpkin and impact of processing treatments and storage. In *Processing and impact on active components in food* (pp. 71-80). Academic Press.
- **Rakcejeva, T., Galoburda, R., Cude, L., & Strautniece, E.** (2011). Use of dried pumpkins in wheat bread production. *Procedia Food Science*, 1, 441-447.
- **Rao, A. V., & Rao, L. G.** (2007). Carotenoids and human health. *Pharmacological research*, 55(3), 207-216.
- **Reynaud E.** (2009). Synthèse organique d'apo-lycopénoïdes : étude des propriétés antioxydantes et complexantes. Thèse de l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- **Rodionova, L., Sobol, I., Donchenko, L., & Limareva, N.** (2020). Identification of carotenoid pigments of pumpkin grown in the South of Russia. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 161, p. 01106). EDP Sciences.
- **Rodrigues A.S., Pérez-Gregorio M.R., García-Falcón M.S. et Simal-Gándara J.** (2009). Effect of curing and cooking on flavonols and anthocyanins in traditional varieties of onion bulbs. *Food Research International*. 42: 1331–1336
- **Rodriguez-Amaya B. D.** (2001). A guide to carotenoid analysis in foods. Ed. International life Institue. 1-60.
- **Roger, K. B., & Fernande, A. E.** (2018). Effect of Cooking and Solar Drying on the 'In vitro' and 'In vivo' Digestibility of Okra According to the Different Stages of Maturity. *Archives of Current Research International*, 1-12.

Références bibliographiques

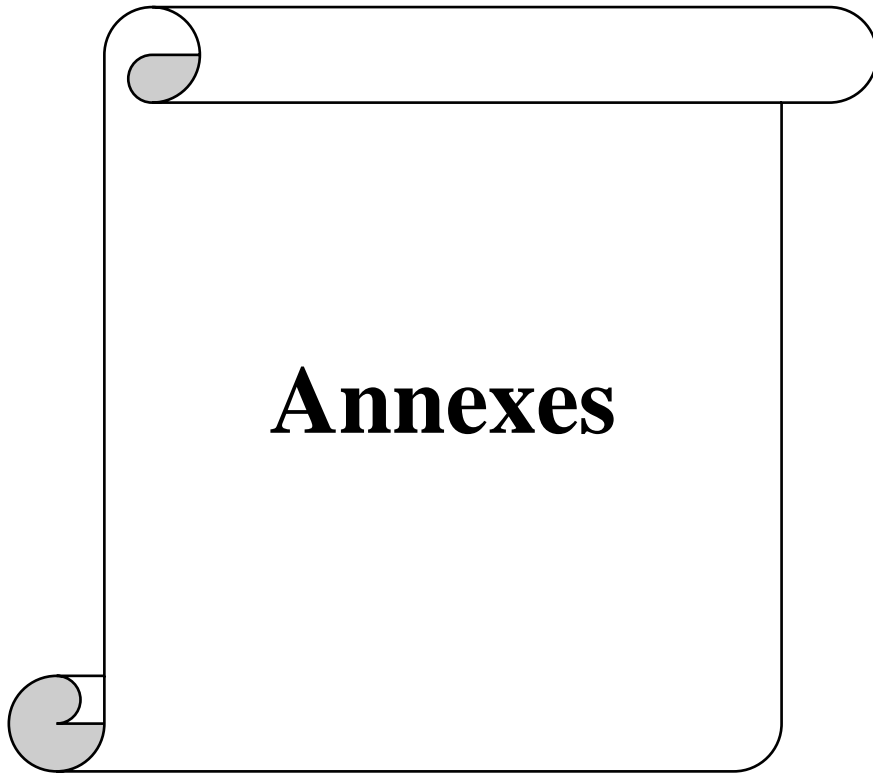
- **Różyło, R., Gawlik-Dziki, U., Dziki, D., Jakubczyk, A., Karaś, M., & Różyło, K.** (2014). Wheat bread with pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) pulp as a functional food product. *Food technology and biotechnology*, 52(4), 430-438.
- **Sandmann, G., Albrecht, M., Schnurr, G., Knörzer, O., & Böger, P.** (1999). The biotechnological potential and design of novel carotenoids by gene combination in *Escherichia coli*. *Trends in biotechnology*, 17(6), 233-237.
- **Sello, A. A., & Mostafa, M. Y.** (2017). Enhancing antioxidant activities of cupcakes by using pumpkin powder during storage. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 8(2), 103-110.
- **Seo, J. S., Burri, B. J., Quan, Z., & Neidlinger, T. R.** (2005). Extraction and chromatography of carotenoids from pumpkin. *Journal of Chromatography A*, 1073(1-2), 371-375.
- **Sharma, A., Dhiman, A. K., & Attri, S.** (2020). Utilization of internal waste fluffy portion of *Cucurbita maxima* for extraction of β -carotene pigment. *Pigment & Resin Technology*.
- **Sharma, P., Kaur, G., Kehinde, B. A., Chhikara, N., Panghal, A., & Kaur, H.** (2020). Pharmacological and biomedical uses of extracts of pumpkin and its relatives and applications in the food industry: a review. *International Journal of Vegetable Science*, 26(1), 79-95
- **Sharma, S., & Rao, T. R.** (2013). Nutritional quality characteristics of pumpkin fruit as revealed by its biochemical analysis. *International Food Research Journal*, 20(5), 2309.
- **Singleton V., Orthofer R et Lamuela-Raventos R.** (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteau reagent. *Methode of enzymologie*, 299, 152- 178.
- **Sui, Y., & Vlaeminck, S. E.** (2020). *Dunaliella* microalgae for nutritional protein: an undervalued asset. *Trends in biotechnology*, 38(1), 10-12.
- **Sundberg, C.** (2003). Food waste composting: effects of heat, acids and size. *Sveriges lantbruksuniv.*

Références bibliographiques

- **Sy, C.** (2011). Nouveaux caroténoïdes issus de bactéries marines : étude de leur stabilité, de leur pouvoir antioxydant et de leur biodisponibilité à l'aide de modèles chimiques et biologiques. Comparaison avec les propriétés fonctionnelles de caroténoïdes de référence (Doctoral dissertation, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse).
- **Tabart, J., Kevers, C., Evers, D., & Dommès, J.** (2011). Ascorbic acid, phenolic acid, flavonoid, and carotenoid profiles of selected extracts from *Ribes nigrum*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(9), 4763-4770.
- **Tokudome, Y., Imaeda, N., Ikeda, M., Kitagawa, I., Fujiwara, N., & Tokudome, S.** (1999). Foods contributing to absolute intake and variance in intake of fat, fatty acids and cholesterol in middle-aged Japanese. *Journal of epidemiology*, 9(2), 78-90.
- **USDA Agricultural Research Service.** USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Disponible en ligne : <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl> (consulté le 4 mai 2021).
- **Valdez-Arjona, L. P., & Ramírez-Mella, M.** (2019). Pumpkin waste as livestock feed: Impact on nutrition and animal health and on quality of meat, milk, and egg. *Animals*, 9(10), 769.
- **Wahlen, S., & Winkel, T.** (2017). Household food waste. In Reference module in food science. Elsevier.
- **Wahyuni, Y., Ballester, A. R., Tikunov, Y., de Vos, R. C., Pelgrom, K. T., Maharijaya, A., & Bovy, A. G.** (2013). Metabolomics and molecular marker analysis to explore pepper (*Capsicum* sp.) biodiversity. *Metabolomics*, 9(1), 130-144.
- **Xia, T., et Wang, Q.** (2007). Rôle hypoglycémiant de l'extrait de fruit de *Cucurbita ficifolia*(Cucurbitaceae) chez les rats diabétiques induits par la streptozotocine. *Journal de la science de l'alimentation et de l'agriculture*, 87 (9), 1753–1757.
- **Yadav, M., Jain, S., Tomar, R., Prasad, G. B. K. S., & Yadav, H.** (2010). Medicinal and biological potential of pumpkin: an updated review. *Nutrition research reviews*, 23(2), 184-190.

Références bibliographiques

- **Zaghoudi, K.** (2015). Optimisation de l'extraction des caroténoïdes à partir du persimmon (*Diospyros kaki* L.), de l'abricot (*Prunus armeniaca* L.) et de la pêche (*Prunus persica* L.): étude photophysique en vue d'une application en thérapie photodynamique (PDT) (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
- **Zaghoudi, K., Pontvianne, S., Framboisier, X., Achard, M., Kudaibergenova, R., Ayadi-Trabelsi, M., ... & Guiavarc'h, Y.** (2015). Accelerated solvent extraction of carotenoids from: Tunisian Kaki (*Diospyros kaki* L.), peach (*Prunus persica* L.) and apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Food chemistry*, 184, 131-139.
- **Zinash, A., & Woldetsadik, K.** (2013). Effect of accessions on the chemical quality of fresh pumpkin. *African Journal of Biotechnology*, 12(51), 7092-7098.
- **Zdunić, G., Menković, N., Jadranin, M., Novaković, M., Savikin, K. P., & Živković, J. Č.** (2016). Phenolic compounds and carotenoids in pumpkin fruit and related traditional products. *Hemijska industrija*, 70(4), 429-433.



Annexes

ANNEXES

ANNEXE I

Matériels

- Etuve ;
- Capsules en porcelaine ;
- Balance analytique ;
- Plaque chauffante ;
- Burette graduée ;
- Fioles rodées ;
- Bain-marie
- Soxhlet ;
- PH mètre ;
- Barreaux magnétiques ;
- Centrifugeuse ;
- Papier filtres ;
- Béchers ;
- Baromètre ;
- Spectrophotomètre.

Réactifs utilisés

- L'éthanol ;
- Chloroforme ;
- Hexane ;
- Acétone ;
- Carbonate de sodium ;
- Hydroxyde de sodium ;
- Phénolphtaléine ;
- Acide gallique ;
- La quercétine ;
- Glucose ;
- Acide sulfurique ;
- Acide phosphorique ;
- L'anthrone ;

ANNEXES

- Trichlorure de l'aluminium ;
- La saude ;
- BSA ;
- Bleu de coomassie
- Folin-ciocalteus

Préparation des réactifs

Le réactif de BRADFORD :

Le réactif de BRADFORD se prépare en mélangeant

- 0.010g de bleu de coomassie ;
- 10 ml de l'acide phosphorique à 85% ;
- 5 ml d'éthanol à 95% ;
- Ajuster avec de l'eau distillée jusqu'à 100ml.

Ce réactif peut être conservé pendant 1 mois à 4 °C à l'obscurité.

Le réactif d'anthrone :

Le réactif d'anthrone est une solution limpide de couleur verte qui sera stockée à l'obscurité et qui se prépare en mélangeant :

- 75 ml d'acide sulfurique concentré ;
- 25 ml d'eau distillé ;
- 150 mg d'anthrone.

Solution tampon phosphate :

Pour 250ml on mélange :

- 2g NaCl
- 0.05g KCl
- 0.36g NaH_2PO_4

ANNEXES

ANNEXE II

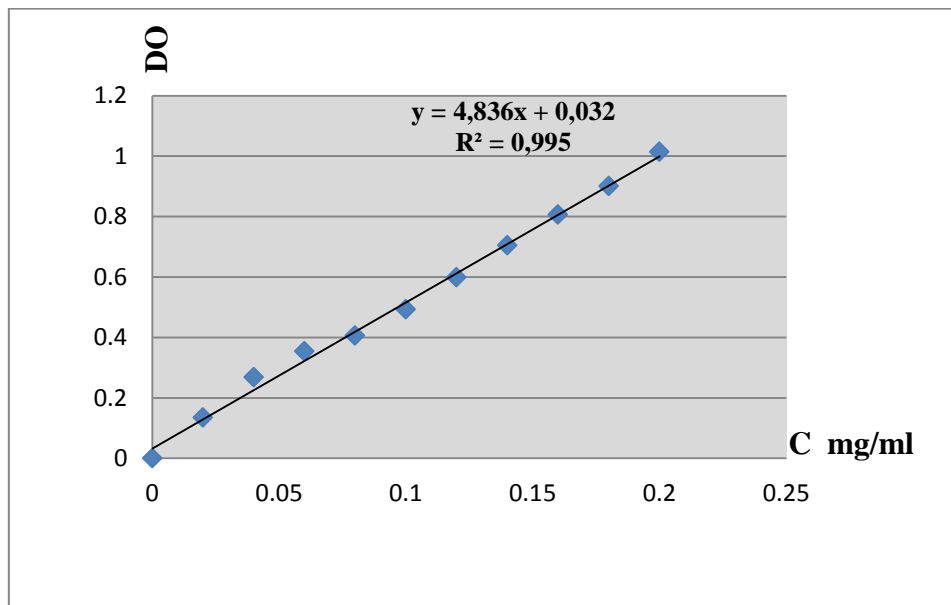
1. Courbe d'étalonnage des polyphénols

La quantification des polyphénols a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire ($Y = a X + b$) réalisée par l'extrait d'étalon « acide gallique » à différentes concentrations dans les mêmes conditions que l'échantillon. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 1 g d'extrait éthanolique de déchets ou de pulpe de citrouille séchés.

Tableau 1 : Préparation de la courbe d'étalonnage d'acide gallique.

Concentration en AG (mg/ml)	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2
Densité optique DO	0	0,134	0,268	0,354	0,406	0,492	0,598	0,704	0,806	0,9	1,014

La lecture des absorbances est faite à 760 nm, après agitation et incubation d'une heure.



1. La courbe d'étalonnage des flavonoïdes

ANNEXES

2. Courbe d'étalonnage des flavonoïdes

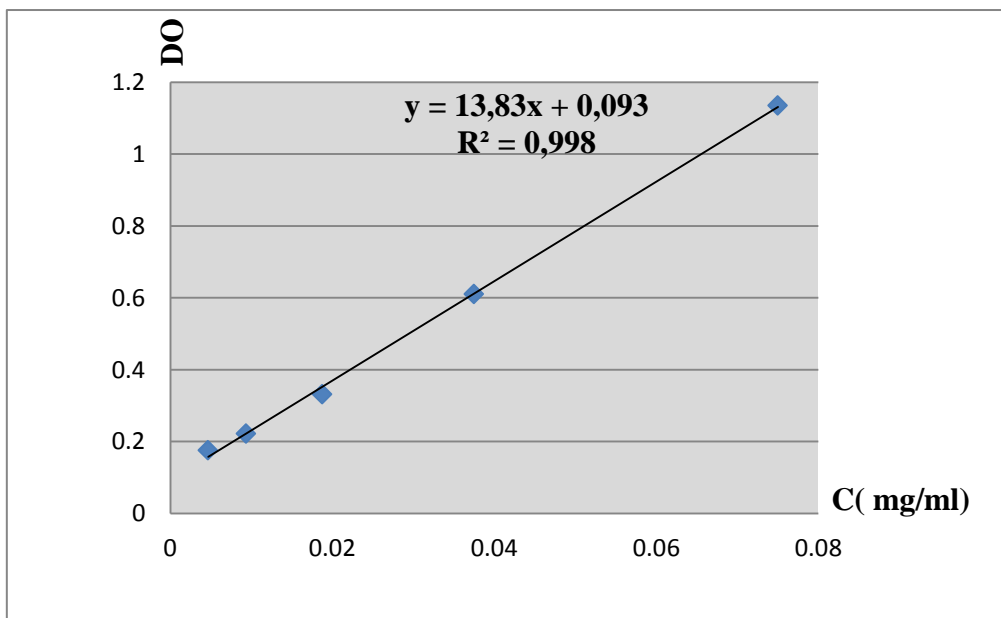
La quantification des flavonoïdes totaux a été déterminée en se basant sur une courbe d'étalonnage obtenue dans les mêmes conditions en utilisant la quercétine (0 – 0.6 mg/ml) comme référence (**Tableau 2**).

Tableau.2 : préparation de la courbe d'étalonnage des flavonoïdes.

Concentration en quercétine (mg/ml)	0,00468	0,009375	0,01875	0,0375	0,075
Densité optique DO	0,1755	0,222	0,332	0,6105	1,1355

La concentration des flavonoïdes contenus dans nos extraits est calculée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant la quercétine comme standard.

La courbe d'étalonnage ($Y=aX+b$) obtenue avec la quercétine à différentes concentrations pratiquées dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons serviront à la quantification des flavonoïdes. La concentration finale en ces composés a été exprimée en mg d'équivalent de quercétine par g de déchets et de pulpe de citrouille.



2. La courbe d'étalonnage des flavonoïdes

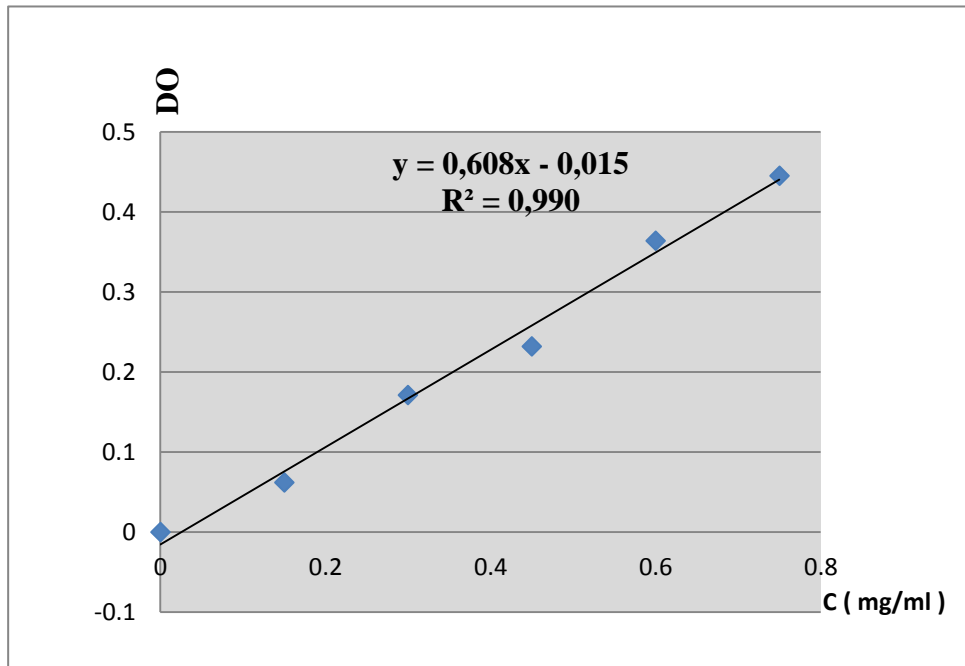
ANNEXES

3. Courbe d'étalonnage des protéines par la méthode de BRADFORD

Les différentes concentrations en protéines sont déterminées par référence à une gamme étalon à base de BSA (Bovin Sérum Albumine), dont la concentration varie de 0 à 1.5mg de BSA par ml de solution, préparée dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Préparation de la courbe d'étalonnage des protéines

Concentration en BSA (mg/ml)	0	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75
Densité optique DO	0	0,062	0,171	0,232	1,364	0,445



ANNEXES

4. Courbe d'étalonnage des glucides

Les différentes concentrations en glucides sont déterminées par référence à une gamme étalon à base de glucose préparée dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Préparation de la courbe d'étalonnage des glucides

C (mg/g)	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08
Densité optique DO	0.0825	0.139	0.2505	0.385	0.5415

