

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT : SCIENCE BIOLOGIQUE

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Biologie
Spécialité : Contrôle qualité des produits alimentaire

Effet de séchage solaire et micro-onde sur l'évolution de la vitamine C dans le poivron vert

Soutenu le : 21/06/2022

Présenté par :

- LEMBARKI AYA.
- OUDDANE ILYAS.

Encadrant : HENNI ABDELLAH.

Jury d'évaluation :

Président du jury : CHOUANA TOUFIK.

Examineurs : BENSALAM SOFIANE.

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

Ce mémoire n'aurait pas pu être ce qu'elle est, sans l'aide d'ALLAH source de toute connaissance qui nous a donné la force afin de l'accomplir

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à mon directeur de mémoire, le Monsieur HENNI ABDELLAH, Pour ses encouragements, ses précieux conseils, sa disponibilité, ses suggestions pertinentes, ses critiques constructives et surtout pour sa patience tout au long de ce projet.

Nous avons toujours été satisfaits de son approche pédagogique et de son humilité qui m'ont permis dans une large mesure de surmonter des difficultés et d'affronter d'autres problèmes afin de bien mener à bien ce travail, sans oublier de souligner ses qualités humaines et morales que j'ai toujours appréciées.

Nous remercions tout particulièrement monsieur RAHMANI Youcef de nous avoir guidés dans ce mémoire. Ce travail est le résultat non seulement de nos efforts mais aussi de vos efforts et surtout de vos encouragements, disponibilité, écoute, patience, soutien, confiance en vous et de précieux conseils tout au long de ce travail. Nous vous souhaitons une bonne continuation.

Ce travail a été réalisé au niveau de centre de recherche et analyse physico- chimique CRAPC Ouargla. Ce travail doit beaucoup à l'aide précieuse de membres de centre. Nous voudrions saluer et remercier tous les membres de ce centre.

Nous remercions vivement les membres de ce respectueux jury :

Monsieur CHOUANA TOUFIK Nous sommes honorée que vous ayez accepté la présidence du jury. Monsieur BENSALÉM SOFIANE votre venue en tant qu'examineur est un honneur pour nous, nous vous en sommes très reconnaissants et vous adressons nos sincères remerciements.

Un grand merci à tous nos collègues et amis

Enfin, nous remercions sincèrement nos parents et frères et sœurs pour leur amour et leur soutien indéfectibles. Sans eux, nous ne serions jamais arrivés à ce point.

Nous souhaitons à tous ceux qui ont été directement ou indirectement impliqués dans l'élaboration de cet ouvrage de trouver ici l'expression de nos très vifs remerciements.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes parents qui m'ont soutenu au long de ma vie dans les moments difficiles

A ma chère famille du petit au grand

A mes enseignants et professeurs du primaire à l'université

A tous mes amis

ILYAS



Dédicace

Tout d'abord, louange à « Allah » qui nous a guidé sur le droit chemin tout au long du travail et nous a inspiré les bons pas et les justes reflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.

*Je dédie ce travail A celle qui m'a soutenu dans ses prières et ses supplications, à celle qui a partagé mes joies et mes drames... au plus beau sourire de ma vie, à la plus merveilleuse femme qui soit : **ma chère maman.***

*A celui qui m'a appris que le monde est un combat et que son arme est le savoir et la connaissance... à celui qui ne m'a rien épargné... à celui qui a recherché mon confort et mon bonheur... à l'homme le plus cher de l'univers : **mon cher super père.***

Aux âmes de mes chers grand-père et grand-mère.

Je tiens avant à présenter mes remerciements les plus sincères et particulièrement à mon encadrant « Mr Henni Abdallah ».

A mon cher binôme : Ilyas.

Mes remerciements à tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près à réaliser ce projet.

A tous les membres de ma famille qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

A mes amies : Maroua, Zineb, Rayan, Khouloud, Faouzi, Khaled et Madiha.

A mes cousines : Fatima, Ibtissam, Aicha, et Hanan.

A mes amis d'étude.

A tous les étudiants de 2ème année master contrôle de qualité.

Aux membres de jury qui acceptent à examiner notre travail de projet de fin d'étude.

AYA



Table de matière

<i>Remerciements</i>	<i>ii</i>
<i>Dédicace</i>	<i>iii</i>
<i>Table de matière</i>	<i>v</i>
<i>Liste des tableaux</i>	<i>vii</i>
<i>Liste des figures</i>	<i>viii</i>
<i>Liste d'abréviations</i>	<i>ix</i>
<i>Introduction</i>	<i>1</i>
<u>PARTIE THEORIQUE</u>	
CHAPITRE I. GENERALITES SUR LE SECHAGE	3
I.1 Définition de séchage	3
I.2 Historique	3
I.3 Objectifs	3
I.4 Avantages et inconvénients du séchage	4
I.5 Séchoir solaire	4
I.5.1 Principe du séchoir solaire.....	4
I.5.2 Description d'un séchoir solaire.....	5
I.5.3 Classification des types de séchoirs solaires.....	5
I.6 Séchoir par micro-onde	8
I.6.1 Définition des micro-ondes.....	8
I.6.2 Appareillage de micro-onde.....	8
I.6.3 Mécanisme de chauffage par micro-ondes.....	9
I.6.4 Le four à microonde.....	10
I.6.5 Séchage par micro-onde.....	10
I.6.6 Paramètres influençant le séchage par microondes.....	10
I.6.7 Les avantages et les inconvénients de séchage par micro-onde.....	11
CHAPITRE II. GENERALITE SUR LE POIVRON	12
II.1 Les poivrons	12
II.2 Caractéristique botanique	12
II.2.1 Classification botanique.....	12
II.2.2 Morphologie du piment.....	13
II.3 composition de poivron	15

II.3.1	Les composés phénoliques.....	15
II.3.2	Les Capsaïcinoïdes (hors macronutriments, vitamines et minéraux)	15
II.3.3	Les caroténoïdes.....	15
II.3.4	Les Capsinoïdes	15
II.3.5	Les vitamines	16
II.3.6	Les minéraux.....	16
II.4	Importance de poivron	16
II.4.1	Importance alimentaire et phyto-thérapeutique	16
II.4.2	Importance économique.....	17
II.5	Le séchage du poivron	17
II.5.1	Les méthodes de séchages utilisés	17
PARTIE PRATIQUE		
III.1	Materiels et methodes.....	19
III.1.1	Cadre de l'étude	19
III.1.2	Matériel biologique	19
III.1.3	Appareillage d'expérimentation.....	20
III.1.4	Le protocole expérimental	21
III.2	Résultats et Discussions	27
III.2.1	La teneur en eau et la matière sèche.....	27
III.2.2	Détermination des lipides totaux.....	30
III.2.3	Détermination de l'acidité titrable	30
III.2.4	Détermination de la Teneur en cendre	31
III.2.5	Détermination de la couleur	32
III.2.6	Détermination de pH.....	34
III.2.7	Dosage de vitamine C	34
Conclusion général.....		35
Annexe		
Bibliographie		
Résumé		

Liste des tableaux

<i>Tableau 1: classification botanique du poivron</i>	12
<i>Tableau 2: Appareillage d'expérimentation</i>	20
Tableau 3: Variations de la distance de couleur de poivron vert.	33
Tableau 4: La variation de différence de couleur ΔE de poivron vert.	33
Tableau 5: Les valeurs de la vitamine C dans le poivron vert.	34

Liste des figures

<i>Figure 1: Illustration d'un séchoir solaire</i>	5
<i>Figure 2: schéma représente types des séchoirs solaire</i>	6
<i>Figure 3 : séchoir solaire direct</i>	6
<i>Figure 4: séchoir solaire indirect</i>	7
<i>Figure 5 : schéma d'un four à micro-onde.</i>	9
<i>Figure 6 : Anatomie du fruit de Capsicum.</i>	14
<i>Figure 7 : Méthodes d'analyses physico-chimique utilisées.</i>	22
Figure 8 : Diagramme circulaire représentant la masse de poivron vert en matière sèche et teneur en eau.....	28
Figure 9: Courbe représentant la masse de poivron après séchage par séchage solaire direct et indirect en (g).	28
Figure 10 : Courbe représentant la masse de poivron après séchage par la microonde en (g).	29
Figure 11: Teneur en lipides totaux.....	30
Figure 12: Teneur en acidité titrable.	31
Figure 13: Teneur en cendre de poivron vert.	32

Liste d'abréviations

MO : Micro-onde.

EF : Etat frais.

SD : Solaire direct.

SID : Solaire indirect.

H% : Taux d'humidité en pourcentage.

Ha : Humidité absolue de l'air.

Hr : Humidité relative de l'air.

MG : Matière grasse.

DSMO : Diméthyle sulfoxyde.

RMN : Résonance magnétique nucléaire.

PAI : Produits Alimentaires Intermédiaires.

Ps : pression de saturation.

Pv : Pression partielle de la vapeur.

Va : vitesse de l'air de séchage.

VRN : Valeurs Nutritionnelles de Référence.

Introduction

Introduction

Les légumes sont dans la plupart des cas consommés frais et leur valeur nutritive est très élevée. Ils sont une source importante et indispensable de vitamines et des minéraux et d'autres constituants antioxydants en amenant la variété au régime alimentaire **(Dudez et al., 1996)**.

La teneur en eau élevée des légumes tels que poivrons les rend hautement périssables dont 30 à 40% de leur production est perdue **(Nguyen, 2015)**.

Les pertes de ces produits agroalimentaires sont énormes surtout dans les pays en voie de développement à cause de la surproduction pendant la période de récolte et de manque des procédés de stockage.

Le séchage à l'air libre et aux rayonnements solaires est le procédé traditionnel sauveur de ces productions dont il est simple et moins coûteux, de plus, il augmente la durée de vie des récoltes en abaissant leur activité d'eau, réduit le coût de transport... **(Nguyen, 2015)**.

Une grande partie de l'offre du monde en légumes secs continue à être séchée d'une manière traditionnelle (séchage au soleil) **(Houhou, 2012)**, malgré ses effets indésirables sur la qualité nutritionnelle et hygiénique des produits agroalimentaires.

Donc plusieurs études et recherches récentes contribuent pour arriver à développer les meilleurs instruments de conservation par le séchage « micro-onde ».

Le séchage sur la micro-onde peut réduire les inconvénients liés au séchage traditionnel, et les qualités du produit sec peuvent être améliorées mais il y a aussi des pertes même après l'utilisation de cette méthode.

La majorité des pertes enregistrées sont, généralement, dues à la mauvaise utilisation de ces micro-ondes. Par exemple, un mauvais choix de tel onde, alors il faut travailler avec la meilleure onde disponible pour améliorer l'expérience, et avoir un produit sec de bonne qualité.

L'objectif principal que se propose le présent travail est d'étudier l'effet de deux méthodes de séchage (séchage solaire, micro-onde) sur la qualité nutritionnelle et l'évaluation de la vitamine C dans le poivron vert. Afin de comparer entre ces méthodes pour préciser le meilleur entre eux qui a moins d'effets indésirables sur la qualité du produit.

Des analyses physicochimiques, biochimiques sont nécessaires pour déterminer les modifications des propriétés et de concentrations des différents composés et la concentration de vitamine C dans le poivron vert après leur soumission aux séchages.

Le mémoire décrivant ce travail est entamé par cette introduction générale qui pose la problématique et donne une idée sur l'importance du thème abordé tout en exposant clairement l'objectif visé et se décompose en trois chapitres.

Le premier chapitre a tout d'abord pour but de présenter d'une étude bibliographique sur les méthodes de séchage et le poivron vert.

Le deuxième chapitre est dédié entièrement à la description des protocoles expérimentaux utilisés. Ainsi que, les différentes techniques de caractérisations physicochimiques utilisées.

Le troisième chapitre présente les résultats obtenus au cours de ce travail avec une discussion sur la qualité et les valeurs nutritionnelles de poivron vert après séchage.

Enfin, nous concluons par une conclusion générale qui récapitule l'essentiel des résultats obtenus au cours de cette étude.

Partie Théorique

Chapitre I:

Généralité sur le

séchage

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE SECHAGE

I. GENERALITES SUR LE SECHAGE

I.1 Définition de séchage

Le séchage est une opération unitaire d'élimination totale ou partielle le liquide qui imprègne le matériau en apportant de l'énergie thermique. Il consiste à évaporer l'eau et les composés volatils qui réduisent la croissance et les réactions microbiennes et les brunissements enzymatiques pour prolonger la durée de conservation de notre produit. Il permet d'obtenir un produit sec et homogène à la fin du processus de séchage (**Verdier et al., 2016**), cela réduit considérablement la masse et le volume du produit et facilite leur transport, stockage et manutention (**Djerroud et al., 2010**).

Donc le séchage transforme les aliments périssables en produits stables en réduisant l'activité de l'eau (**Nguyen, 2015**).

I.2 Historique

Le séchage est une technique très ancienne utilisée pour conserver les produits telle que les produits agricoles et alimentaires (céréales, semences, aliments pour animaux, viande et poisson séchés, jambon, figues, noix, tabac, etc..).

Pour les applications traditionnelles, il existe encore une forte dépendance au séchage à l'air ambiant. Le séchage dit « naturel » ou « artificiel », est une technique facile avec des simples moyens.

I.3 Objectifs

- Les micro-organismes et les processus chimiques sont responsables de la détérioration des produits, alors l'objectif principale des processus de séchage des aliments est de ralentir et éventuellement arrêtez ces deux processus (**Ouali, 2008**).
- L'un des buts de séchage est de stabiliser et conserver les aliments périssables, en préservant leurs valeurs nutritionnelles et leurs qualités organoleptiques. Ainsi, supprimer saisonnalité certaines activités agricoles ou industrielles (**Mounir et al., 2013 ; Boughali, 2010 ; Sasson In Touzi et Merzaia-Blama, 2008**).
- Le séchage peut ajouter de la valeur au produit séché, ou réutilisable (**Martynenko et Bück, 2019**) et produisent des ingrédients ou des additifs appelés Produits Alimentaires Intermédiaires (PAI), par exemple les légumes pour les soupes, des oignons pour les plats cuisinés, les fruits pour la pâtisserie, les épaississants, arômes, colorants... (**Bonazzi et Bimbenet In Nguyen, 2015**).

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE SECHAGE

I.4 Avantages et inconvénients du séchage

Le processus de séchage présente plusieurs avantages, on peut les résumer comme suit :

- ✓ Le séchage réduit la teneur en humidité du produit, augmentant ainsi leur durée de conservation (**Boroze, 2011**).
- ✓ Il permet d'éviter les pertes de produits après récoltes (**Boroze, 2011**).
- ✓ La réduction du volume des produits affecte les coûts d'expédition et de stockage (**Amadou, 2007**).
- ✓ La diminution de l'activité de l'eau a pour effet d'inactiver les enzymes responsables de la dégradation des aliments et l'inhibition de la croissance des microorganismes (**Brennan in Lahbari, 2015**).
- ✓ Il est simple et facile à pratiquer (**Fournier, 2003**).
- ✓ Le procédé de séchage est universel, donc accessible à tous (**Fournier, 2003**).

Bien que le séchage présente plusieurs avantages, une exposition prolongée à la température peut former :

- Durcissements superficiels : si la vitesse de séchage est très rapide, certains produits ont tendance à former des couches superficielles sèches qui sont imperméables au transfert d'humidité ultérieure (**Ekechukwu et Norton, 1999**).
- Une perte de valeur nutritionnelle des aliments : vitamines, des arômes et changements de la couleur et la texture (**Fournier, 2003**).
- Insolubilisation des protéines entraînant le goût de cuit.
- Réaction de Maillard après surchauffe (**Lahbari, 2015**).

Par rapport aux autres procédés de conservation (appertisation, congélation, traitements aseptiques), le séchage présente moins d'inconvénients (**Nguyen, 2015**).

I.5 Séchoir solaire

Le séchage solaire respecte l'environnement et augmente la qualité.

I.5.1 Principe du séchoir solaire

Les séchoirs solaires sont utilisés pour conserver les aliments en déshydratant suite à une

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE SECHAGE

exposition au soleil en veillant à une bonne hygiène, notamment en évitant le contact avec la poussière ou les insectes. Les aliments peuvent ainsi être séchés en un temps réduit, selon la composition de notre produit et le niveau d'exposition au soleil. La procédure peut prendre quelques heures à quelques jours (Reddam, Khodir et al. 2018).

I.5.2 Description d'un séchoir solaire

Un séchoir solaire est un appareil qui collecte la lumière du soleil pour sécher les aliments et les produits à l'intérieur. Il nous permet comme de sécher tous les fruits, légumes, herbes, poissons et viandes comme un déshydrateur. Il est généralement en bois avec des panneaux de verre et sert à reproduire l'effet de serre à l'intérieur du séchoir.

Les séchoirs solaires ont un grand potentiel en agriculture, pour le séchage des légumes, des fruits et des plantes médicinales. Cela minimise la dépendance au séchage au soleil et au séchage industriel, ce qui permet d'économiser beaucoup de fossiles. (Mann, Harris et al., 2004).

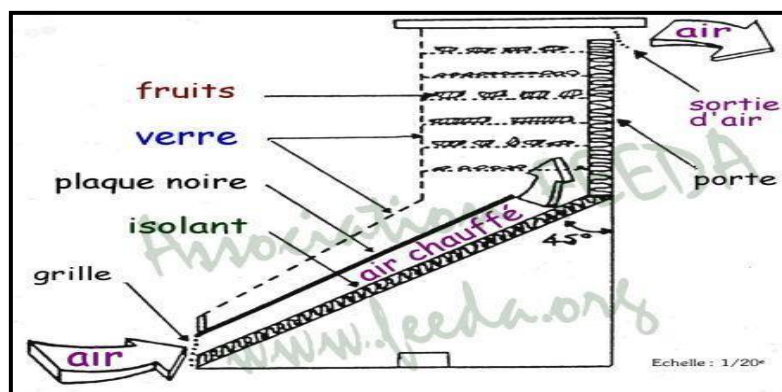


Figure 1: Illustration d'un séchoir solaire (El-Sebaï, Aboul-Enein et al. 2002).

I.5.3 Classification des types de séchoirs solaires

Selon la forme de consommation d'énergie par le séchoir : il existe des séchoirs électriques, des séchoirs à gaz et des séchoirs hybrides.

Il existe plusieurs gammes : les séchoirs directs, indirects et mixtes.

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE SECHAGE

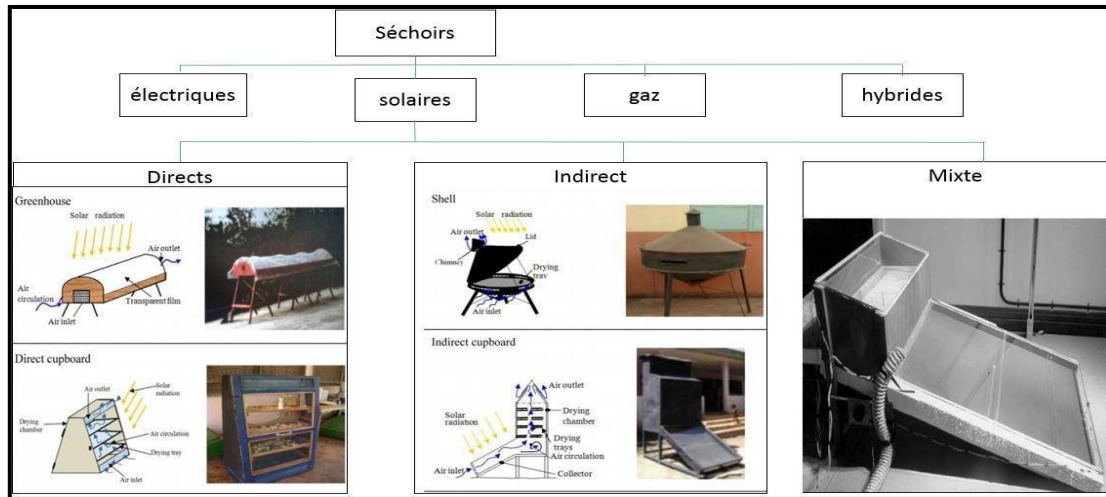


Figure 2: schéma représente types des séchoirs solaire (Vasseur, 2009).

I.5.3.1 Les séchoirs directs

Un séchoir solaire direct est un dispositif simple appelé séchoir solaire monolithique qui place le produit à sécher dans une chambre de séchage transparente qui permet le passage du rayonnement solaire, qui est en contact directe avec les éléments (Mujumdar, 2006).

La chaleur fournie par convection réduit l'humidité relative de l'air de séchage ce qui provoque l'évaporation de l'humidité du produit. De plus, il détend l'air dans la pièce sèche, assurant sa circulation et éliminant de l'humidité avec l'air chaud (Ekechukwu et Norton, 1999).

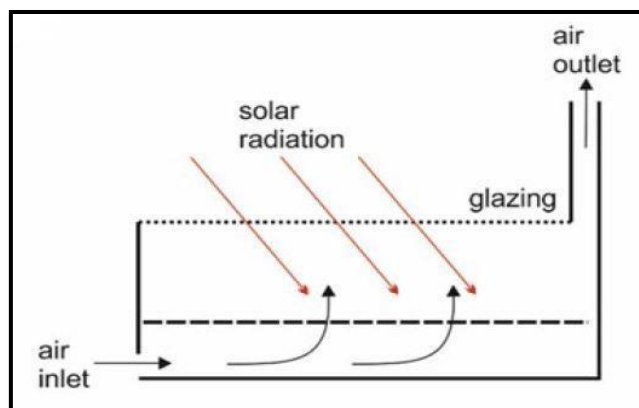


Figure 3 : séchoir solaire direct (Banout, 2017).

Avantages

- Les aliments sont protégés par du verre et peuvent supporter des températures plus élevées.
- Protéger les aliments d'une éventuelle contamination (poussières, sable, ...etc.

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE SECHAGE

Inconvénients

- Les rayons détruisent les vitamines et les nutriments (photosensibles).
L'exposition directe au rayonnement solaire peut provoquer des changements de saveur, goût et de couleur (**Banout, 2017**).
- Une ventilation insuffisante peut entraîner des problèmes de moisissures en cas goût et de couleur (**Banout, 2017**).

I.5.3.2 Les séchoirs indirects

Les séchoirs solaires indirects, appelés séchoirs solaires distribués, sont des séchoirs industriels destinés au séchage des grandes récoltes. Les produits à sécher sont placés dans des plateaux ou des casiers dans une chambre de séchage fermée et opaque et chauffé par circulation d'air chaud circulant dans des capteurs solaires (**Banout, 2017**).

En optimisant ces facteurs, des rendements élevés peuvent être atteints. Des modèles de collecteurs plates plus complexes sont désormais disponibles (**Mujumdar, 2006**).

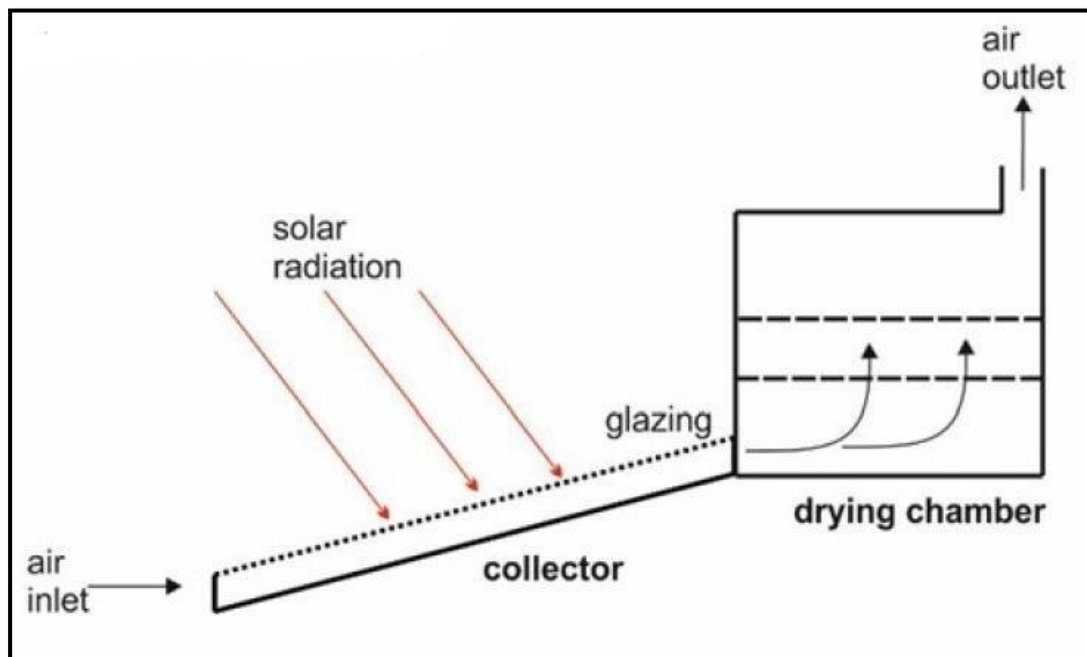


Figure 4: séchoir solaire indirect (Banout, 2017).

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE SECHAGE

Avantages

Meilleure conservation des vitamines et nutriments et préservation de la couleur des aliments (**Souriau et Amelin, 2014**).

Inconvénients

Les structures relativement complexes entraînent des coûts de maintenance (**Banout, 2017**).

Les temps de séchage varient considérablement selon les conditions climatiques (**Dudez, et al., 1996**).

I.6 Séchoir par micro-onde

I.6.1 Définition des micro-ondes

Les micro-ondes ou hyperfréquences sont des ondes électromagnétiques, constituées de champs électriques et magnétiques. Les fréquences des micro-ondes se situent dans la gamme de fréquence de 300 MHz à 300 GHz, correspondant à des longueurs d'onde de 1 millimètre à 1 mètre. La fréquence la plus utilisée est 2450 MHz, ce qui correspond à la fréquence des magnétrons dans la plupart des fours à micro-ondes de cuisine, avec des puissances allant de 600 à 1000 Watts et une longueur d'onde de 12,2 cm dans l'air (**Chandrasekaran, Ramanathan et al., 2013**).

I.6.2 Appareillage de micro-onde

Un four micro-ondes sont composé de trois éléments principaux (**Eskilsson et Bjorklund, 2000 ; Mandal et al., 2007**) :

1. Les générateurs de micro-ondes, également appelés magnétrons, utilisent l'énergie électrique pour générer des micro-ondes.
2. Un guide d'ondes métalliques qui propage les micro-ondes du magnétron à l'échantillon.
3. La cavité ou sera placé le réacteur. De plus, de nombreux éléments peuvent être ajoutés et ajustés selon les besoins de l'expérience.

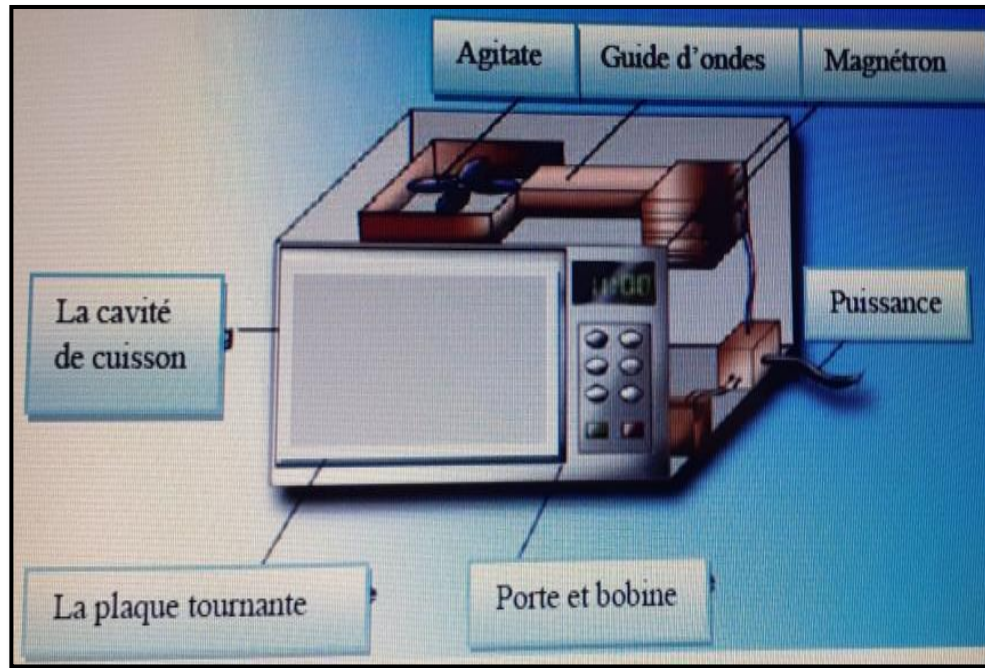


Figure 5 : schéma d'un four à micro-ondes (Mathavi et al., 2013).

I.6.3 Mécanisme de chauffage par micro-ondes

Comparé au chauffage conventionnel, le transfert de chaleur sous le chauffage par micro-ondes est complètement opposé. La chaleur du chauffage traditionnel est transférée de l'extérieur vers l'intérieur. Sous chauffage par micro-ondes, le volume traité lui-même devient une source de chaleur. On parle de dégagement de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur (Chandrasekaran, Ramanathan et al., 2013).

Il existe deux mécanismes à l'origine de l'échauffement, le premier est lié à la présence de charges libres, et le second est lié à la polarité de la molécule.

Dans le premier cas, les charges libres (ions) soumises au champ électrique E , vont migrer dans le sens du champ et être à l'origine du courant de conduction. C'est le mécanisme de conduction ionique. L'oscillation de ces charges est gênée par des molécules immobilisées, qui génèrent de la chaleur par choc.

Dans le deuxième cas, le matériau constitué de molécules formant des dipôles électriques, généralement répartis de manière aléatoire, est orienté dans la direction du champ électrique appliqué. En présence d'un champ électrique alternatif, les dipôles changent de direction « rapidement » et les hautes fréquences produisent des mouvements aléatoires, reflétant la température élevée du système (Chandrasekaran, Ramanathan et al., 2013).

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE SECHAGE

I.6.4 Le four à microonde

Le chauffage par micro-ondes fait référence à l'utilisation d'ondes électromagnétiques pour générer de la chaleur dans le matériau à sécher. Le fonctionnement du four à microonde est très simple, l'électricité fournie est acheminée vers le magnétron, le magnétron convertit l'électricité en un champ électromagnétique et à travers un guide d'ondes (tube rectangulaire en métal), les ondes générées sont dirigées vers l'agitateur d'ondes. Les aliments sont mis en rotation, ce qui expose le produit alimentaire à des ondes qui pénètrent les aliments jusqu'aux molécules d'eau (**Mathavi, Sujatha et al., 2013**).

I.6.5 Séchage par micro-onde

Ce type du séchage est une méthode qui permet d'économiser du temps et de l'énergie et dans certains cas, peut améliorer la qualité du produit (**Li et al., 2010**). Le fonctionnement du four à micro-onde est simple, l'énergie électrique fournie est envoyée au magnétron qui convertit l'énergie électrique en un champ électromagnétique et passe à travers un guide d'ondes (tube rectangulaire en métal), les ondes résultantes sont dirigées vers l'agitateur d'onde et dans l'enveloppe métallique de l'aliment sur le plateau tournant chauffant, exposant le produit alimentaire à des ondes qui pénètrent l'aliment jusqu'aux molécules d'eau (**Mathavi, Sujatha et al., 2013**).

Le séchage par micro-onde est identique au chauffage à haute fréquence et se caractérise par l'absorption d'un rayonnement électromagnétique par le produit à chauffer (**Roussy et al., 2003**). Les ondes électromagnétiques interagissent directement avec les ions et particules dipolaires, provoquant excitation et frottement (**Li et al., 2010**).

I.6.6 Paramètres influençant le séchage par microondes.

I.6.6.1 Propriétés diélectriques des aliments

Dans le traitement microondes, seules les propriétés électriques du matériau à chauffer sont importantes pour la dissiper l'énergie électrique en énergie thermique.

I.6.6.2 Puissance microondes dissipées

Puissance microondes est en fait la densité de puissance dissipée dans le produit. L'énergie microondes en elle-même n'est pas une énergie thermique.

Au lieu de cela la chaleur provient de l'interaction entre l'énergie des microondes et le matériau (**Copson, 1975**).

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE SECHAGE

I.6.6.3 Profondeur de pénétration des microondes

L'absorption progressive de la puissance est caractérisée par la profondeur de pénétration (dp). Elle est définie comme la profondeur de matériau à travers laquelle la transmission des ondes est réduite de 37% par rapport à la puissance d'entrée (Buffler, 1993).

I.6.6.4 Effet du facteur de perte

Le facteur de perte ϵ d'un matériau varie avec sa température, sa teneur en eau et la fréquence du champ électrique qui lui est soumis (Sosa-Morales et al., 2010).

I.6.7 Les avantages et les inconvénients de séchage par micro-onde

I.6.7.1 Les avantages

Le séchage assisté par microonde présente plusieurs avantages (Al-Duri et McIntyre, 1992 ; Giese, 1992 ; Kharisov et al., 2012 ; McSweeney et Seetharaman, 2015 ; Wray et Ramaswamy, 2015) :

- Rapidité : Le séchage aux microondes réduit considérablement le temps de séchage à plus de 99%, quand il est comparé au séchage au soleil et à l'étuve.
- Sélectivité : chauffage sélectif des parties intérieures de l'échantillon contenant l'humidité.
- Amélioration de l'efficacité du séchage, aussi bien que la qualité de quelques produits déshydratés.
- Réduction maximale de la consommation d'énergie suite à la spécificité de l'action des radiations micro-ondes.
- Facilité d'utilisation.
- Combinaison avec d'autres méthodes de séchage.

I.6.7.2 Les inconvénients

- Son coût élevé.
- La nécessité de l'associer à un séchage à air chaud. (Simon, 2012).

Chapitre I I: Généralité sur le poivron

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LE POIVRON

II. GENERALITE SUR LE POIVRON

II.1 Les poivrons

Les poivrons sont largement utilisés en raison de leur forte piquante, de leur arôme, de leur couleur, de leur valeur nutritionnelle et de leurs utilisations physiologiques et pharmaceutiques, c'est l'une des cultures d'épices les plus consommées au monde (Téllez Pérez et al., 2014).

II.2 Caractéristique botanique

Le poivron (*Capsicum annum*) est une plante annuelle qui appartient à la famille des solanacées. Le poivron est originaire du Mexique et de l'Amérique centrale. Les qualités gustatives, nutritives et diététiques du fruit sont excellentes. Celui-ci renferme 10 à 13 % de matière sèche, 4 à 6 % de sucres 1,5 à 2 % de protéines et de grandes quantités de sels minéraux, particulièrement des sels de potasse, et des vitamines, surtout vitamine C. Le poivron est 4 à 5 fois plus riche en vitamine C que le citron.

La culture de poivron est assez répandue au Maroc, surtout dans la région du Souss, ainsi que dans les régions côtières et au Saïs. Elle permet d'avoir une production en deux périodes : novembre mi-janvier et mars mi-mai. Durant la période de fin Janvier à Mars, la production est faible alors que la demande est élevée.

C'est une épice très appréciée pour son arôme. Il existe différents types de poivrons : poivron doux, sucré.

Ils proviennent des régions tropicales et sont très sensibles aux basses températures, qui affectent leur développement végétatif (Guo, 2014).

II.2.1 Classification botanique

Tableau 1: classification botanique du poivron (De in Mokhtar, 2015).

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Solanales
Famille	Solanaceae
Genre	Capsicum
Espèce	<i>Capsicum annum L.</i>

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LE POIVRON

II.2.2 Morphologie du piment

II.2.2.1 Feuilles

Elles ont une forme ovoïde de couleur verte, très souvent dotée d'une base asymétrique, lisse ou très rarement couverte de poils fins selon la variété. Les variétés à gros fruits portent normalement des feuilles grandes, longues, alors que celle de petits fruits se distingue par des feuilles petites et étroites (**Kolev, 1976**).

II.2.2.2 Le système de racine

Chez le poivron le système racinaire est pivotant et peut atteindre 70 à 80 cm, les racines adventives se développent et acquièrent une forme barbue. Le développement horizontal des racines serait de 50 à 90 cm, par ailleurs sa faculté assimilatrice est relativement faible par rapport à celle de la tomate (**Ducreux, 1975**).

II.2.2.3 Tige

Elle est ligneuse à la base et herbacée plus haut, suivant les variétés et les conditions de cultures, la croissance étant déterminée, ou indéterminée (**Bonnal, 1981**).

II.2.2.4 Fleurs

Blanchâtres, pendantes ou dressées, elles sont situées à l'aisselle des feuilles, tandis que les pétales et les sépales sont soudés à la base. La grandeur de la fleur est l'un des critères des critères de distinction des variétés (**Laumonier, 1979**).

Les principales parties d'une baie de Capsicum sont identifiées : exocarpe, mésocarpe, endocarpe, paroi du placenta, ovule (graines), calice, glandes capsaiques, locule, septa, apex, base, épaule et pédoncule (**Tallez-Perez, 2013**).

- ❖ Exocarpe : est le terme utilisé pour décrire la couche la plus externe du poivron (peau).
- ❖ Mésocarpe : est la partie médiane charnue qui contient généralement la plus grande partie de l'eau et fournit un support structurel à la cosse.
- ❖ Endocarpe : est la couche intérieure qui entoure les graines et qui est généralement membraneuse (pas très épaisse).
- ❖ Placenta : c'est la partie où les graines s'attachent et se forme principalement au sommet de la gousse de poivre.

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LE POIVRON

- ❖ Graines : sont la petite plante embryonnaire.
- ❖ Calice ou couronne : est le reste de la fleur ou du germe à partir duquel la gousse de piment a commencé sa croissance.
- ❖ Glandes de capsaïcine : ce sont les glandes où la capsaïcine est produite, situées juste entre le placenta et l'endocarpe. La plupart des concentrations se trouvent près du sommet, là où se trouvent les graines.
- ❖ Apex : est le sommet du fruit.
- ❖ Pédoncule : est le terme botanique pour la tige (Tallez-Perez, 2013).

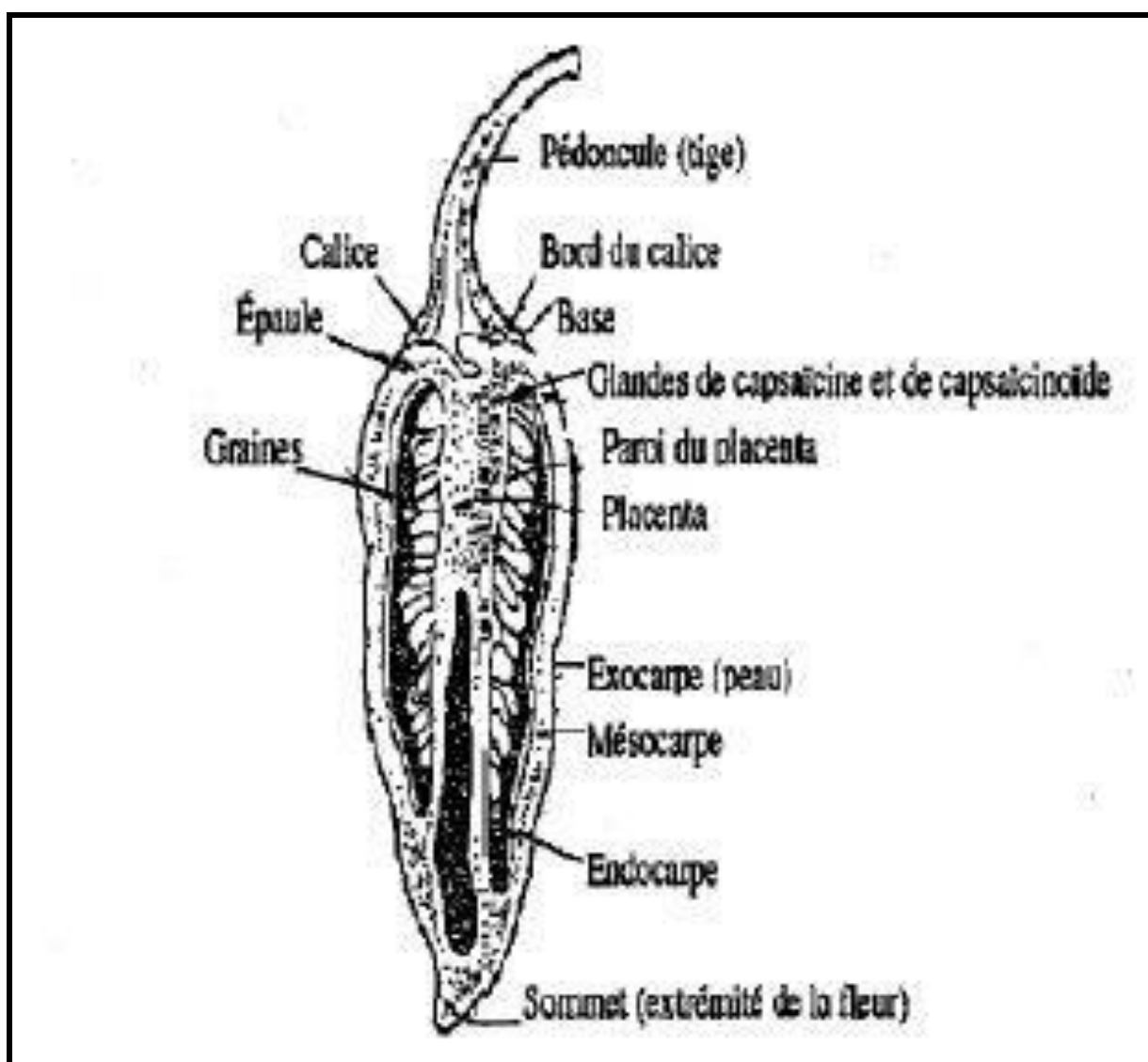


Figure 6 : Anatomie du fruit de *Capsicum* (Bosland et Votava in Mokhtar, 2015).

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LE POIVRON

II.3 Composition de poivron

II.3.1 Les composés phénoliques

Les polyphénols sont des substances à effet antioxydant. La teneur en polyphénols totaux du poivron vert cru est très faible (4,72 mg pour 100 g), comparée à la teneur moyenne contenue dans les légumes qui est de 52,01 mg pour 100 g. Elle est toutefois supérieure à la teneur en polyphénols totaux du poivron rouge qui est de 0,81 mg pour 100 g (Neveu V et al., 2010).

II.3.2 Les Capsaïcinoïdes (hors macronutriments, vitamines et minéraux)

Le poivron contient des capsaïcinoïdes, dont les principales molécules sont la nordihydrocapsaïcine, la capsaïcine, la dihydrocapsaïcine, l'homocapsaïcine et l'homodihydrocapsaïcine (Barbero et al., 2014). Le poivron vert est reconnu pour son contenu en fibres (Hernandez-Carrion, 2013).

II.3.3 Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des composés liposolubles dérivés de la voie isoprénoïde et stockés dans les chromo plastes des fruits du poivron.

Les poivrons crus sont une bonne source de caroténoïdes dont la teneur peut varier en raison de différences génétiques et du degré de maturation, également influencés par les pratiques de production et les conditions de transformation (Baenas et al., 2018).

Ils sont à l'origine de la coloration qui varie du jaune au rouge violacé. Dans les tissus verts, la couleur des caroténoïdes est masquée par celle de la chlorophylle. Elle devient visible lors de la disparition de celle-ci durant l'automne (Mokhtar, 2015).

Dans les variétés de piments forts, les concentrations de capsaïcinoïdes sont beaucoup plus élevées que dans les poivrons doux (Baenas et al., 2018).

II.3.4 Les Capsinoïdes

La structure fondamentale des capsinoïdes est un ester d'acide gras avec de l'alcool vanillylique. Les capsinoïdes sont des composés non piquants que l'on ne trouve que dans quelques variétés de piments avec une structure similaire aux capsaïcinoïdes, tels que le capsiate et ses dérivés dihydro-capsiate et le nordihydrocapsiate, que l'on peut trouver dans les poivrons rouges non piquants, comme le piment doux *Capsicum annuum L. var* (CH-19) (Baenas et al., 2018).

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LE POIVRON

II.3.5 Les vitamines

Poivron vert cuit est riche en vitamine C, car 100 g apportent l'équivalent de 86,25% des Valeurs Nutritionnelles de Référence (VNR), soit 69 mg pour 100 g.

Il est également source de vitamine B6, car 100 g apportent l'équivalent de 18,57 % des VNR, soit 0,26 mg pour 100 g. Il apporte l'équivalent de 9,50 % des VNR en vitamine B9, soit 0,019 mg pour 100 g (Afssa, 2002).

Poivron vert cru est riche en vitamine C, car 100 g de poivron vert cru apportent l'équivalent de 150 % des VNR, soit 120 mg de vitamine C. Il est également source de vitamine B6 et de vitamine B9, car 100 g apportent l'équivalent de 21,43 % des VNR en vitamine B6 (soit 0,30 mg pour 100 g) et de 16,50 % des VNR en vitamine B9 (soit 0,033 mg pour 100 g) (Afssa, 2002).

II.3.6 Les minéraux

Le poivron vert et le poivron jaune crus sont des sources de manganèse pour la femme. Le manganèse agit comme cofacteur de plusieurs enzymes qui facilitent une douzaine de différents processus métaboliques. Il participe également à la prévention des dommages causés par les radicaux libres.

Le poivron vert cru ou bouilli et égoutté, le poivron rouge bouilli et égoutté et le poivron jaune cru sont tous des sources de cuivre. En tant que constituant de plusieurs enzymes, le cuivre est nécessaire à la formation de l'hémoglobine et du collagène (protéine servant à la structure et à la réparation des tissus) dans l'organisme. Plusieurs enzymes contenant du cuivre contribuent également à la défense du corps contre les radicaux libres.

- **Poivron vert cuit** apporte l'équivalent de 7% des VNR en potassium (soit 140 mg pour 100 g), de 5% des VNR en manganèse (soit 0,10 mg pour 100 g) et de 3,29% des VNR en phosphore.

- **Poivron vert cru** apporte l'équivalent de 7,95% des VNR en potassium (soit 159 mg pour 100 g), de 5,33% des VNR en cuivre (soit 0,0533 mg pour 100 g) et de 4,69% des VNR en manganèse (Afssa,2022).

II.4 Importance de poivron

II.4.1 Importance alimentaire et phyto-thérapeutique

➤ Le poivron vert apporte en moyenne 21,30 kcal pour 100 g, soit 89,20 kJ lorsqu'il est

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LE POIVRON

cru et 28,50 kcal pour 100 g, soit 120 kJ lorsqu'il est cuit. Un poivron pèse en moyenne de 125 à 250 g (*Ciquel, 2013*).

- Riche en vitamine C.
- Riche en fibres.
- Stimule le transit intestinal.
- Riche en antioxydants.
- Il limite les risques de certains cancers.

II.4.2 Importance économique

La production mondiale de poivrons est estimée à 23,2 millions de tonnes (**FAO, 2007**).

Le premier producteur mondial est la Chine avec 14 millions de tonnes, soit près de 50 %.

La France en produit 27,000 t, mais en importe 115,000 t, principalement d'Italie et de l'Espagne.

II.5 Le séchage du poivron

En raison de leur forte teneur en humidité à la récolte et de leurs tissus périssables, les poivrons sont très sensibles à la détérioration microbienne et ont une courte durée de conservation même dans des conditions réfrigérées. Le séchage est l'une des méthodes les plus courantes et économiques utilisées pour prolonger la durée de conservation du poivron en réduisant la teneur en humidité à un faible niveau d'activité pour empêcher la croissance des micro-organismes et inhiber de nombreuses réactions de dégradation induites par l'humidité (**Deng et al., 2017**).

II.5.1 Les méthodes de séchages utilisés

En raison de sa simplicité et de son faible coût d'investissement, le séchage au soleil à l'air libre est fréquemment utilisé pour le séchage du poivron et de nombreux autres produits agricoles.

Cependant, le séchage au soleil en plein air prend beaucoup de temps (généralement jusqu'à 10 jours) et entraîne une grave dégradation de la qualité, telle qu'une détérioration de la couleur et de la qualité nutritionnelle. Il a été rapporté que la teneur en caroténoïdes du poivron a diminué jusqu'à 80% pendant le séchage naturel au soleil (**Deng et al., 2017**).

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LE POIVRON

De plus, les produits séchés au soleil en plein air sont facilement contaminés par la poussière, les insectes, les rongeurs et les oiseaux en raison de l'exposition à un environnement ouvert. Aussi, les échantillons sont susceptibles de réabsorber l'humidité pendant la nuit, ce qui entraîne une détérioration du produit, en particulier pendant la saison des pluies (**Deng et al., 2017**).

Par conséquent, afin d'obtenir du poivron séché de haute qualité, un séchoir efficace, sûr et contrôlable à l'échelle commerciale est nécessaire.

Actuellement, le séchage à l'air chaud par des séchoirs solaires est l'une des méthodes les plus populaires et les plus rentables pour les produits agro-alimentaires. Cependant, une exposition prolongée à une température élevée de l'air peut entraîner une détérioration substantielle de la qualité des produits, telle qu'une perte de couleur, des nutriments sensibles à la chaleur, et réduire la capacité antioxydants et de réhydratation (**Deng et al., 2017**).

De nombreuses industries ont exploité le séchage par micro-ondes. On pourra le retrouver dans l'industrie textile (fixation des colorants sur tissus), dans le séchage du bois et la destruction des parasites, pour le séchage du papier, le séchage de poudres à but pharmaceutique, le séchage de pâtes à biscuits.

Aujourd'hui de nouvelles méthodes efficaces sont proposées notamment dans l'agroalimentaire. De plus, le micro-onde peut être utilisé pour améliorer une méthode existante. La combinaison séchage par microondes et flux d'air sec chaud montre plusieurs avantages dans le séchage des fruits et légumes (« snacks ») : temps de séchage réduit et qualité nutritionnelle des produits mieux préservée (**Zhang, Qi et al., 2006**).

Il existe trois façons de combiner l'utilisation des micro-ondes avec le flux d'air sec chaud :

- ✚ L'énergie micro-onde peut être appliquée au début du procédé de déshydratation, dans ce cas l'intérieur du produit est rapidement chauffé à la température de vaporisation de l'eau.
- ✚ Ce procédé peut aussi servir en milieu du procédé de déshydratation, dans ce cas la surface de la matrice végétale est sèche et l'eau est concentrée à l'intérieur du produit.
- ✚ L'application de l'énergie micro-onde entraîne la vaporisation enfin de procédé pour faciliter le séchage final (**Zhang, Qi et al., 2006 ; Vadivambal et Jayas, 2007**).

Chapitre I I I:

PARTIE PRATIQUE

III. PARTIE PRATIQUE

III.1 Matériels et méthodes

III.1.1 Cadre de l'étude

Le présent travail consiste à l'étude comparative de deux techniques de séchage solaire et microonde, afin de déterminer les effets sur l'évolution de la vitamine C dans le poivron vert. Ce travail a été réalisé au niveau des laboratoires du Plateau Technique en Analyses Physico-chimiques (PTAPC-CRAPC) de Ouargla.

III.1.2 Matériel biologique

Nos travaux ont porté sur l'étude des propriétés physico chimiques du poivron vert, cultivée à Biskra, 10 kg a été acheté chez un marchand dans la Wilaya de Ouargla le 12/03/2022.

Les poivrons verts ont été lavés une première fois avec l'eau de robinet, puis une deuxième fois avec de l'eau distillée pour éliminer les impuretés, les résidus d'insecticides et autres contaminants, Les poivrons verts sont coupés en morceaux sous forme cylindrique de hauteur de 10 mm. Après la récolte, nous mettons les échantillons dans des sacs et les vidons de l'air et les mettons au réfrigérateur jusqu' au temps d'analyse

Ces morceaux ont subi deux types de séchage l'un au séchoir solaire directe / indirecte et l'autre séchoir par micro-onde.

CHAPITRE III : PARTIE PRATIQUE

III.1.3 Appareillage d'expérimentation

Tableau 2: Appareillage d'expérimentation

Appareil	Objectif	Photo
Séchoir solaire Indirect	Séchage de La poivron vert	
Séchoir solaire Direct	Séchage de La poivron vert	
Micro-onde	Séchage de La poivron vert	
Résonance Magnétique Nucléaire (RMN)	Dosage de La vitamine C	

III.1.4 Le protocole expérimental

III.1.4.1 Cinétique séchage

Les poivrons verts sont étalés sur les claies de la chambre de séchage de séchoir solaire indirect et direct. La masse du produit à sécher été de 50 g pour chaque séchoir.

Le protocole expérimental consiste à réaliser en un jour le séchage de produit de 8h à 16h.

A la fin de jour le produit est stocké dans un endroit sec pour prévenir toute réhydratation. La manipulation est arrêtée lorsque la teneur en eau souhaitée est atteinte.

Pour suivre la perte de masse des poivrons verts au cours du séchage, nous avons effectués les mesures du poids chaque deux heures à l'aide d'une balance de précision. La durée de séchage est le temps nécessaire pour sécher un produit jusqu'à atteindre la teneur en eau finale souhaitée à une température de séchage convenable. Les mesure, du rayonnement, et de la vitesse de l'air sont effectuées chaque une heure.

Le séchage par micro-onde se fait selon le protocole suivant :

- On met 30 g de poivron vert pour chacun des trois échantillons pendant 60 secondes, sur la puissance 6 et 360 w.
- Ensuite, nous mesurons le poids de chaque échantillon, chaque 60 second jusqu' à le niveau requis de teneur en eau est atteint.

CHAPITRE III : PARTIE PRATIQUE

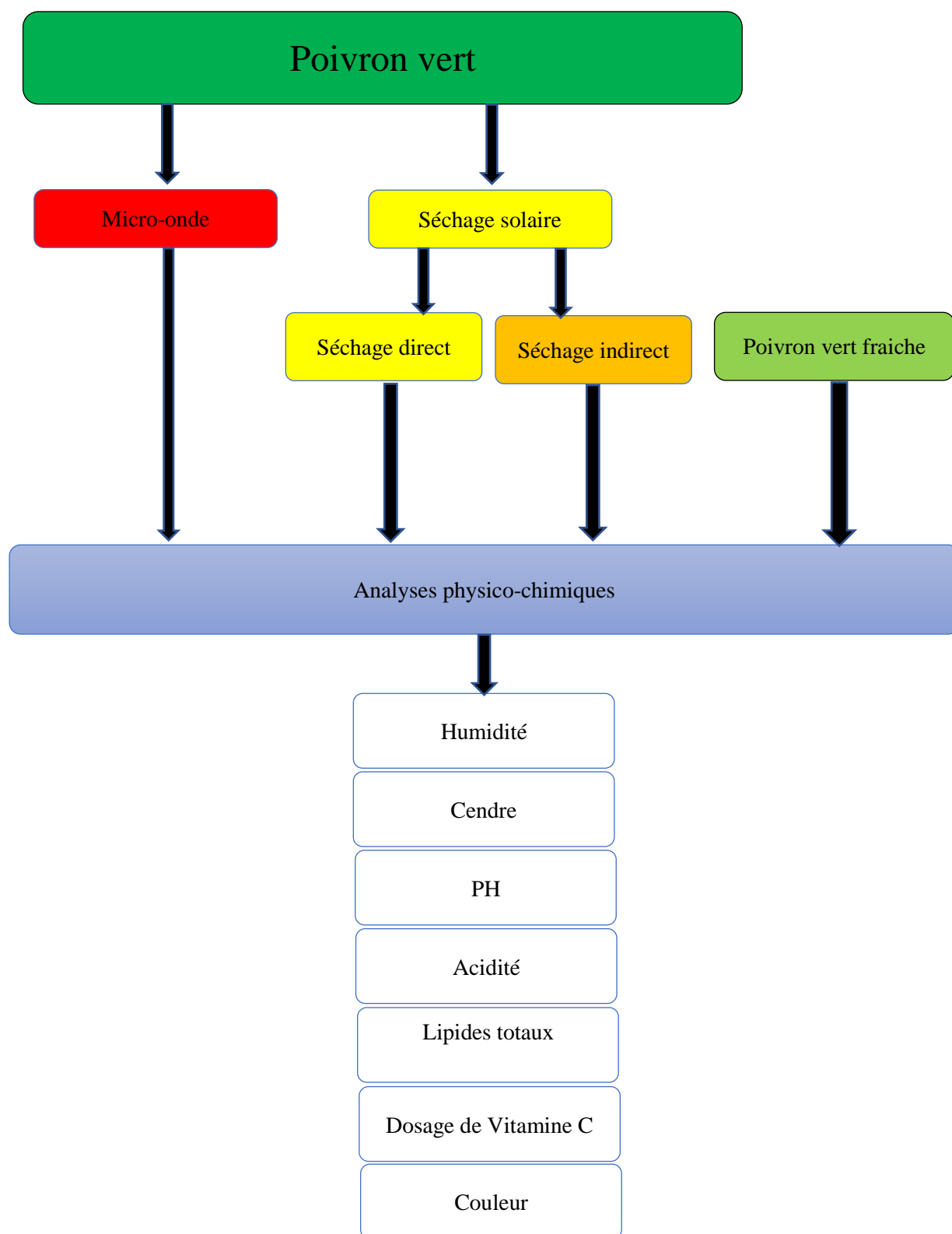


Figure 7 : Méthodes d'analyses physico-chimique utilisées.

III.1.4.2 Analyse physico-chimique

III.1.4.2.1 Détermination de la teneur en eau

Principe

Cette méthode analytique est basée sur le séchage complet du matériel végétal frais à une température de 105°C jusqu'à l'obtention d'un poids stable. L'humidité est le pourcentage en eau perdu durant le séchage par rapport à la matière fraîche. (Afnor 1982).

Mode opératoire

La détermination de la teneur en eau, pour 100 g d'échantillon, est réalisée dans une étuve durant 24 h à 85°C.

Expression des résultats

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$H\% = \frac{M1 - M2}{P2} \times 100$$

H% : humidité.

M1 : masse du verre à montre + la matière fraîche avant séchage en (g).

M2 : masse du verre à montre + la matière après séchage (g).

P : masse de la prise d'essai en (g).

Matière sèche = 100 – H%

III.1.4.2.2 Mesure de pH (NF V 05-108, 1970)

Principe

Détermination en unité pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes plongées dans le produit.

Mode opératoire

- ✓ Préparer un mélange broyat poivron séché ou frais / eau distillée avec un rapport 1/3 (poids/ poids).
- ✓ Etalonner le pH-mètre.

CHAPITRE III : PARTIE PRATIQUE

- ✓ Homogénéiser le mélange par une légère agitation. Introduire l'électrode dans le mélange.
- ✓ Ajuster la température de l'échantillon sur le pH-mètre.
- ✓ Après stabilisation, lire la valeur sur le pH-mètre (**Zidani, 2019**).

III.1.4.2.3 Détermination de la teneur des cendres

Principe

Chaque échantillon est calciné à 550°C dans un four à moufle jusqu'à obtention des cendres blanchâtres de poids constant. (**CISSE, AYEISSOU et al.**).

Mode opératoire

- ✓ Dans des creusets en porcelaine, on met 2g de l'échantillon.
- ✓ Les creusets sont placés dans un four à moufle fermé.
- ✓ La température est augmentée progressivement (550°±15°C) de manière à éviter une calcination violente de produit jusqu'à obtention d'une couleur blanchâtre.
- ✓ A la fin, on met les échantillons dans le dessiccateur avant de les peser.

Expression des résultats

La teneur en cendres est calculée par la formule suivante :

$$\text{Cendre}\% = \frac{M1 - M2}{P2} \times 100$$

M1 : masse de creuset + la prise d'essai (g).

M2 : masse de creuset après incinération (g).

P : masse de la prise d'essai (g).

CHAPITRE III : PARTIE PRATIQUE

III.1.4.2.4 Détermination de la teneur en lipides totaux

Principe

L'échantillon est pesé et placé dans une capsule en cellulose. On effectue une extraction en continu par l'Hexane à ébullition qui dissout graduellement la matière grasse. Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs causés par un effet de siphon dans le coude latéral. Comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète. Une fois l'extraction terminée, l'Hexane est évaporé et la matière grasse est pesée. (CISSE, AYEISSOU et al.).

Mode opératoire

Pour la détermination de la teneur en lipides totaux dans nos échantillons frais et séchés on a suivi les étapes suivantes :

- ✓ Faire une prise d'essai de 1g d'échantillon, et la mettre dans la cartouche.
- ✓ Placer la cartouche dans le Soxhlet en le recouvert avec du coton propre et sec.
- ✓ Réaliser le montage de l'appareil (chauffe ballon, ballon, Soxhlet et réfrigérant).
- ✓ Fixer la température à 70°C (point d'ébullition d'Hexane).
- ✓ Effectuer 12 siphonages, débrancher la chauffe ballon.
- ✓ Éliminer par distillation l'Hexane contenu dans le ballon à l'aide de l'évaporateur rotatif.
- ✓ Refroidir ce ballon pendant 30 minutes dans le dessiccateur.
- ✓ Peser la masse finale du ballon contenant les lipides extraits.

Expression résultat

Le calcul de taux de lipide selon cette relation :

$$MG\% = \frac{P1 - P2}{M0} \times 100$$

CHAPITRE III : PARTIE PRATIQUE

P1 : poids du ballon après évaporation.

P2 : poids du ballon vide.

M0 : masse de la prise d'essai.

MG : taux de la matière grasse.

III.1.4.2.5 Dosage de la vitamine C

Nous avons coupé le poivron vert, puis nous avons prélevé 10 mg de chaque échantillon, puis nous avons ajouté à chaque échantillon 1 ml de DMSE. Ensuite on a laissé l'échantillon dans la solution pendant un certain temps puis on l'a mis dans une centrifugeuse pendant 5 minutes puis on l'a transféré à la résonance magnétique nucléaire (RMN).

III.1.4.2.6 Détermination de l'acidité titrable

Principe

Titration colorimétrique à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium. (CISSE, AYEISSOU et al.).

Mode opératoire

- ✓ D'abord, il faut chauffer une quantité importante de l'eau distillée à 250°C pour dégager les gaz et l'azote.
- ✓ Après, On met 3 g de notre échantillon dans 50 ml de l'eau distillée.
- ✓ Puis dans un bain Marie pendant 30 mn. On verse dans une fiole le mélange et on complète avec l'eau distillée jusqu'à 250 ml.
- ✓ Après 1h, un titrage est effectué avec 0.05 N de NaOH en ajoutant quelques gouttes de phénol phtaléine jusqu'à l'arrivée au point d'équivalence (virage de couleur).

Trois essais ont été effectués pour chaque échantillon.

CHAPITRE III : PARTIE PRATIQUE

Expression des résultats

$$\text{Acidite}\% = \frac{N \times V1 \times V2}{V0} \times \frac{100}{m}$$

N : Normalité de la soude utilisée.

V1 : Volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de sodium.

m : Masse, en grammes, de produit prélevé.

V2 : Volume final de la solution dans la fiole jaugée (250 ml).

V0 : Volume, en millilitres, de la prise d'essai aliquote de la solution.

III.1.4.2.7 Détermination de la couleur

Principe

La quantification des changements de couleur des échantillons traités a été déterminée en utilisant un colorimètre permettant l'acquisition automatisée des paramètres **L**, **a**, **b**, dans le système Hunter-L a **b** où **L** représente le paramètre d'échelle Noir/blanc, **a** le paramètre d'échelle. Rouge/vert et **b** le paramètre d'échelle jaune/bleu.

Le changement de couleur global est alors exprimé par la quantité ΔE dite distance de couleur. ΔE est calculée en utilisant l'équation, où L_0 , a_0 et b_0 se rapportent aux valeurs de couleur mesurées pour un échantillon initial (avant séchage) (MENNOUCHE2016).

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2}$$

III.2 Résultats et Discussions

III.2.1 La teneur en eau et la matière sèche

La teneur en eau d'un échantillon de notre produit est définie comme pourcentage de la masse d'eau rapportée soit à la masse de matière sèche contenue dans l'échantillon, soit à la masse totale de la matière humide de l'échantillon.

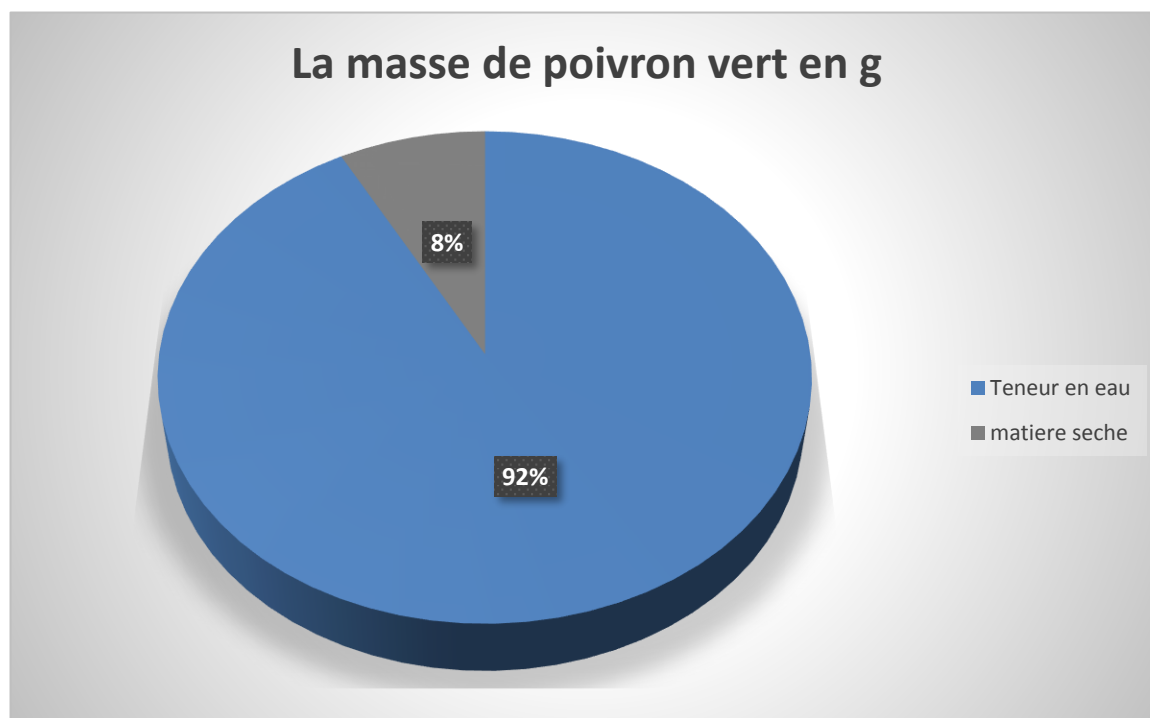


Figure 8 : Diagramme circulaire représentant la masse de poivron vert en matière sèche et teneur en eau.

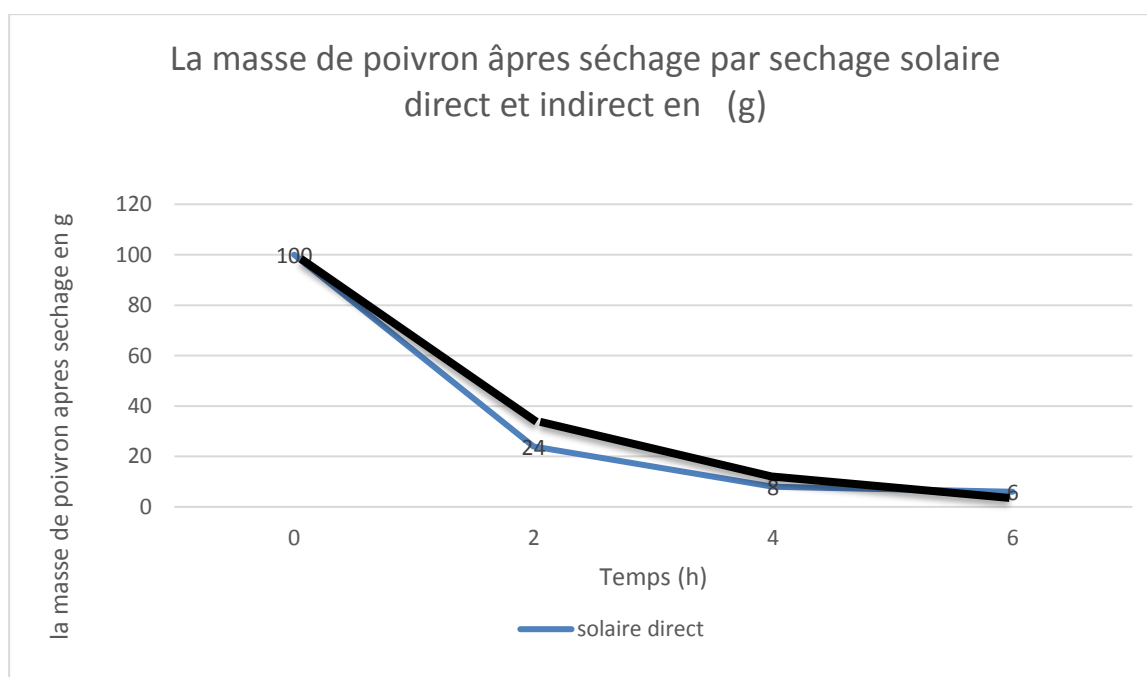


Figure 9: Courbe représentant la masse de poivron après séchage par séchage solaire direct et indirect en (g).

D'après les résultats obtenus, la teneur en eau initiale de poivron vert est de 92 %, et les résultats convergents avec la variété étudiée par Taouch et Benali (Taouch and Benali 2017).

CHAPITRE III : PARTIE PRATIQUE

La durée de séchage est estimée à 7 heures avec les séchoirs solaires et 20 min avec le micro-onde qui donne une teneur finale en eau de 4,154 % pour le séchoir solaire direct et pour le séchoir solaire indirect 5,394 %, et pour le micro-onde est de 3,766 %.

Durant la journée de séchage une diminution remarquable en teneur en eau est observée dans les 4 premières heures pour les deux types de séchoirs. Une diminution de 92% de poivron vert pour le séchoir solaire direct et 89% de pour le séchoir solaire indirect. Ce qui explique l'évaporation d'une quantité d'eau importante dans ces différentes méthodes de séchages.

Et en fin de journée, la courbe d'humidité se stabilise et tend vers la fin de l'opération de séchage. L'humidité évaporée pendant cette période est très faible.

Dans les 10 min il y a un changement remarquable dans le teneur en de poivron vert en utilisant le micro-onde ; qui représente plus de 75%, après 16 min la courbe d'humidité se stabilise et tend vers la fin de l'opération de séchage.

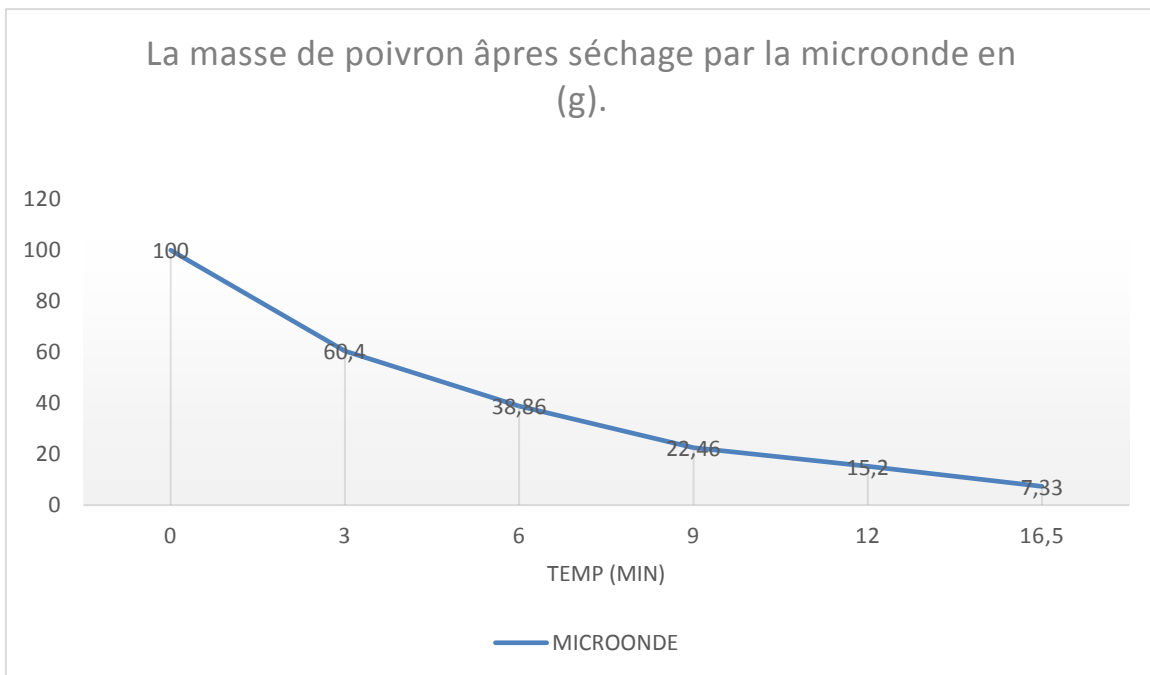


Figure 10 : Courbe représentant la masse de poivron après séchage par la microonde en (g).

D'après les résultats obtenus, nous expliquons la différence de l'humidité du poivron vert entre les deux méthodes de séchage (solaire et micro-onde) par les paramètres suivants : la température, l'énergie, l'écoulement d'air et la construction physique des séchoirs.

III.2.2 Détermination des lipides totaux

La teneur en lipides totaux de nos échantillons est présentée dans le Figure 11. D'après les résultats obtenus nous constatons qu'il n'y a pas de différence significative entre les résultats de teneur de lipides totaux dans le poivron vert entre l'état frais et microonde.

Une diminution significative de la teneur en lipides totaux est observée pour le poivron séché avec les séchoirs solaires indirect (0,17%) et séchage solaire direct (0,15%).

Cette diminution montre la dégradation des composés apolaires tels que les huiles essentielles qui sont volatiles, ou des pigments dissous dans les globules lipidiques qui peut détruit par l'effet de chaleur et l'écoulement d'aire. On peut expliquer cette dégradation ainsi par : l'oxydation des lipides (les huiles fixes) qui correspond à l'effet de température élevée dans le séchage soit direct ou indirect, cette température peut oxyder les acides gras insaturée (AGI) par la voie d'auto oxydation. Ces AGIs peuvent aussi être oxydé par la voie photo-oxydation (effet de la lumière) spécialement dans le séchoir solaire direct et indirect.

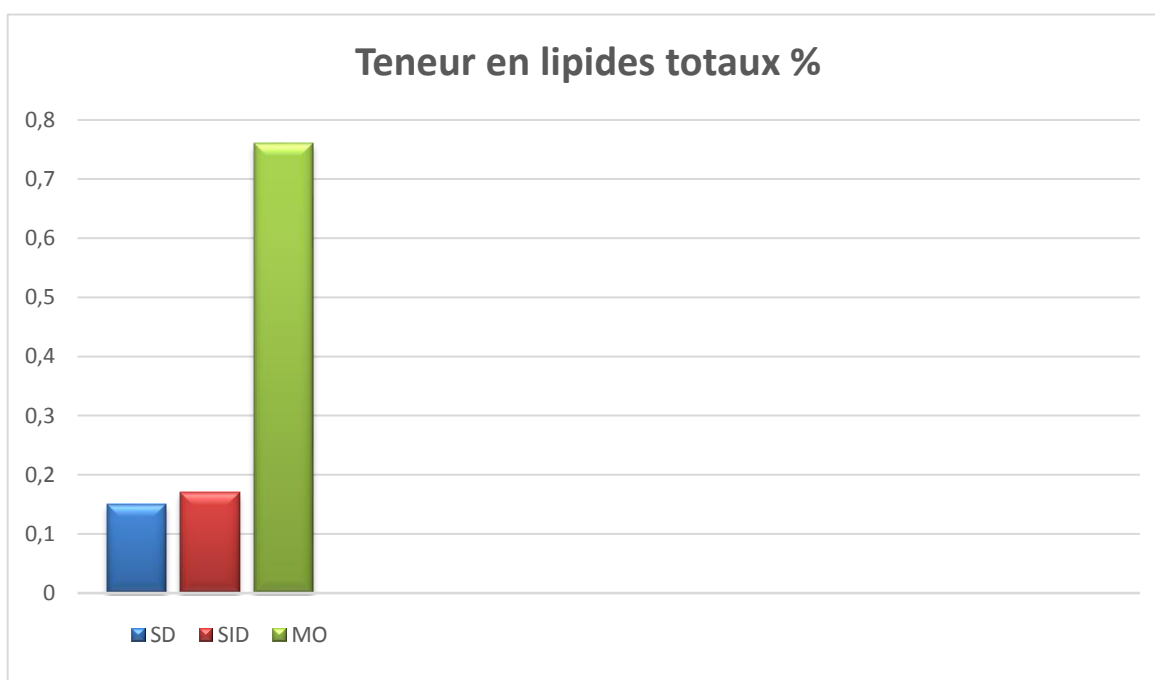


Figure 11: Teneur en lipides totaux.

III.2.3 Détermination de l'acidité titrable

L'acidité totale permet de préserver la qualité microbiologique du produit, elle entraîne aussi une stabilité organoleptique (Chabane and Azem 2016). La teneur en acidité titrable des échantillons est présentée dans la Figure 12.

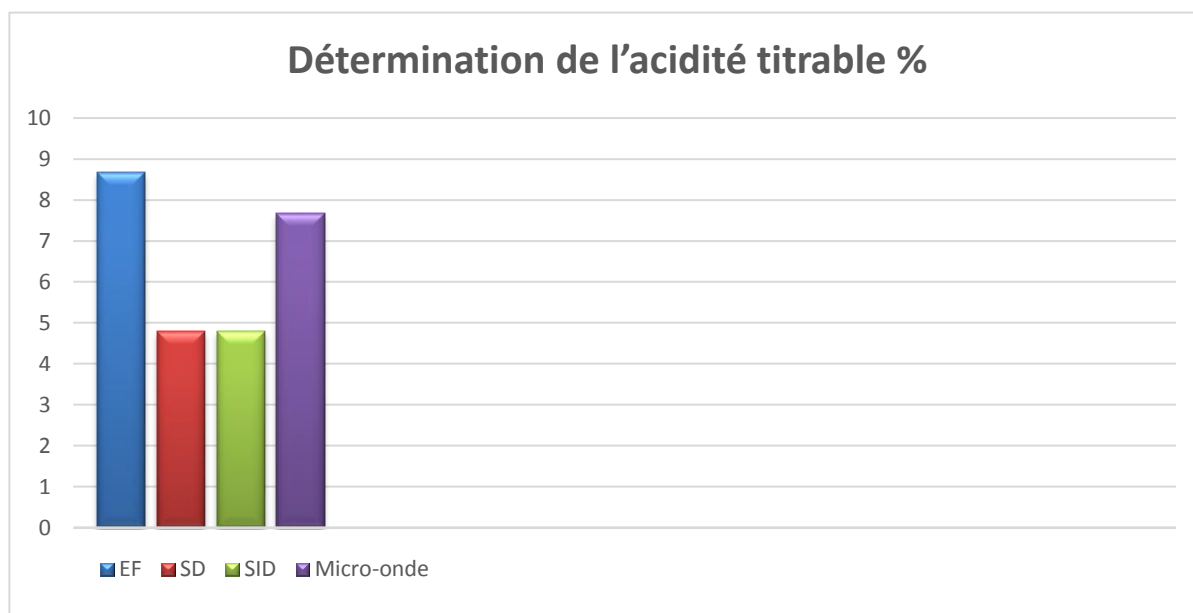


Figure 12: Teneur en acidité titrable.

Par rapport aux résultats obtenus, on remarque que l'acidité titrable dans poivron vert séché par les deux modes de séchage direct (4.79%) ou indirect (4.79%) est inférieure à celle de l'état frais (8.68%) et micro-onde (7.67%). Cette différence peut s'expliquer par le degré d'élimination d'eau qui se traduit par une augmentation des matières sèches des produits une concentration remarquable d'éléments (**Daniel 2015**).

III.2.4 Détermination de la Teneur en cendre

Les cendres sont des résidus inorganiques d'un produit après que la matière organique a été enlevée en la brûlant à des températures très élevées. Les cendres peuvent contenir une variété de composés inorganiques, y compris Sodium (Na), Potassium (K), calcium (Ca)...etc. La détermination du contenu en cendres peut être importante pour plusieurs raisons. Il fait partie de l'analyse proximale pour l'évaluation nutritionnelle. La teneur en cendre de nos échantillons est présentée dans la Figure 13.

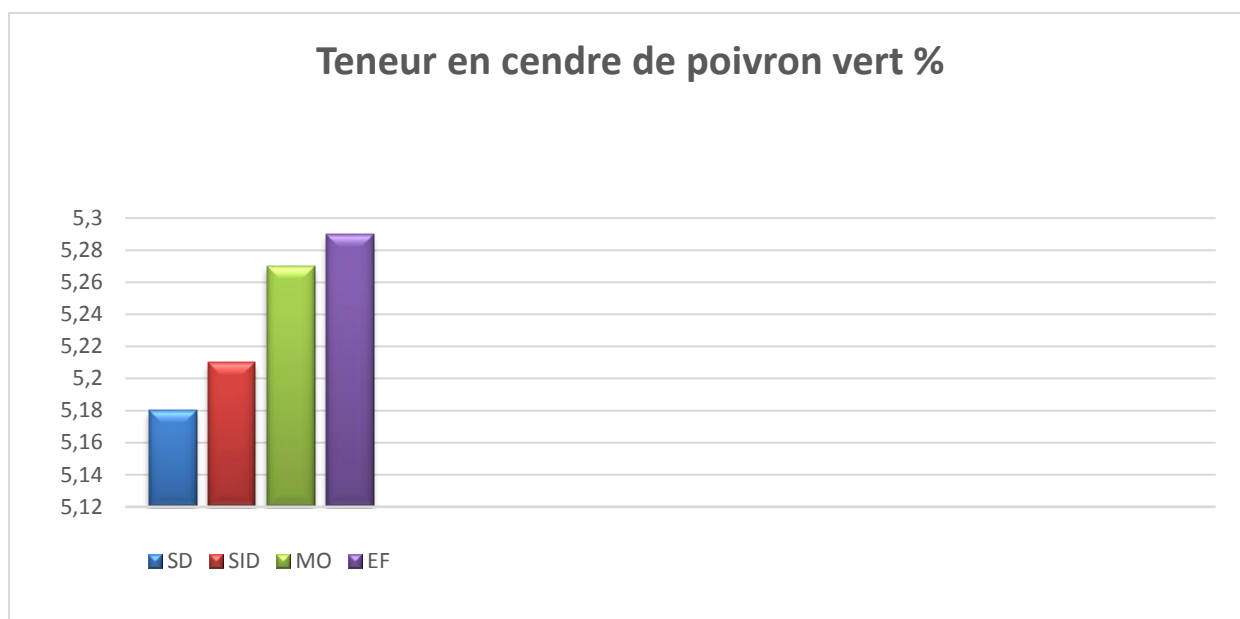


Figure 13: Teneur en cendre de poivron vert.

Au regard de l’histogramme des cendres de la figure III.4, on constate que les teneurs en cendres des échantillons séché par séchoir solaire direct (SD), indirect (SDI) et frais (EF), micro-onde (MO) ont des valeurs presque similaires : 5,18% ; 5,21% et 5,29%, 5,27% respectivement. Ces résultats sont très proches à ceux obtenus par (**Boudraa and Benali 2017**). On peut conclure que le mode de séchage n’influence pas sur la teneur en cendres.

III.2.5 Détermination de la couleur

L’estimation des changements de couleur des échantillons séchés et fraîche a été déterminée en utilisant un colorimètre permettant l’acquisition automatisée des paramètres L, a et b. Les paramètres de couleur de la surface ont été mesurés (à raison de trois mesures par échantillons) puis ramenés à une moyenne. Le changement de couleur global est alors exprimé par la quantité ΔE , dite distance de couleur. Les valeurs de ΔE calculées sont données par les tableaux 3 et 4.

CHAPITRE III : PARTIE PRATIQUE

Tableau 3: Variations de la distance de couleur de poivron vert.

solaire direct	L	27.38	28.02	36.35
	a	-10.85	-10.39	-11.91
	b	21.97	22.48	24.62
solaire indirect	L	35.24	31.48	18.66
	a	-11.90	-11.36	-7.79
	b	26.04	25.64	17.88
Fraiche	L	37.65	36.78	34.64
	a	-15.14	-14.51	-14.20
	b	19.09	17.22	14.91
Micro-onde	L	32.41	26.85	37.42
	a	-6.22	-3.72	-3.91
	b	19.83	18.27	24.12

Tableau 4: La variation de différence de couleur ΔE de poivron vert.

Échantillon n	solaire direct	solaire indirect	Micro-onde
ΔE	8.956	19.462	11.424

On remarque que la variation de différence de couleur ΔE de l'échantillon séché par le procédé de séchage solaire direct ($\Delta E = 8.956$) est plus petite que celle de l'échantillon séché en utilisant le séchoir solaire indirect ($\Delta E = 19.462$), et pour le micro-onde ($\Delta E = 11.424$).

Ce résultat montre que le rayonnement solaire influe directement sur la l'aspect visuelle du produit et donc le séchage solaire indirect présente un procédé adéquat pour la valorisation de poivron vert et qui peut garantir une meilleure qualité organoleptique (l'apparence).

CHAPITRE III : PARTIE PRATIQUE

III.2.6 Détermination de pH

L'estimation des changements de pH des échantillons séchés et fraîche a été déterminée en utilisant un pH-mètre.

Les valeurs obtenues sont comme suivies :

- pH de poivron vert frais = 5,9.
- pH de séchage direct = 5,6.
- pH de séchage indirect = 5,7.
- pH par micro-onde = 5,1.

On note que les résultats sont proches, alors il y'a aucune différence entre les méthodes de séchage utilise et l'état frais.

III.2.7 Dosage de vitamine C

Extraction est faite par macération de 1 g de produit dans 1 ml de DMSO, après centrifugation et le dosage de dosage consiste à mesurer la surface de pics du proton par la résonance magnétique nucléaire RMN caractéristique de groupement cyclique entre un déplacement chimique 10,5 ppm et 11,5 ppm, en utilisant le système de quantification QNMR, la courbe d'étalonnage est faite par acide ascorbique à 10,7 mg/500µl.

Tableau 5: Les valeurs de la vitamine C dans le poivron vert.

Séchage solaire indirect	Séchage solaire direct	Micro-onde	Fraîche
16.55 mg /100 g	7.57 mg/ 100 g	14.08 mg/100 g	33.36 mg / 100 g

Après ces résultats on note que le séchage par micro-onde et séchage solaire indirect donne des bons résultats, dans le séchage direct il y a une destruction majeure de vitamine C par l'exposition à la chaleur directement.

Conclusion

Conclusion général

Le poivron vert est une source importante de différents nutriments et antioxydants ce qui nous amène à le valoriser et maintenir sa qualité physico-chimique et microbiologique.

Les séchoirs solaires direct et indirect sont bien adaptés pour garder la qualité de poivron vert notamment dans les régions arides et semi-arides qui disposent d'un gisement solaire important.

La micro-onde est une méthode technologique avancée qui donne des bons résultats, est dans un temps très court (quelques minutes en comparaison avec le séchage solaire qui on fait dans 2 à 3 jours).

Les résultats obtenus à travers les analyses physico-chimiques ont montré que le taux d'humidité finale après le séchage est de 4.154 % pour le séchoir solaire direct et 5.394% pour le séchoir solaire indirect et pour le micro-onde est de 3,766 %.

Ainsi que, la teneur en cendre après le séchage direct et indirect et par micro-onde est presque similaire (5,18%, 5,21% ; 5,27%) respectivement.

La teneur en lipides totaux après le séchage direct et indirect et micro-onde est 0,15%, 0,17% et 0,76% respectivement. Par contre, la teneur en acidité titrable dans le poivron séché par les trois modes de séchage direct ou indirect ou micro-onde est presque similaire et inférieur à celle de poivron frais (8,68 %).

La variation de différence de couleur ΔE de l'échantillon séché par le séchage solaire direct et par micro-onde est plus petite que celle de l'échantillon séché par le séchoir solaire indirect. Ces résultats montrent que le séchoir solaire indirect garde mieux la qualité de ces paramètres. Pour le dosage de vitamine C après notre résultat on note que le séchage par micro-onde et séchage solaire indirect donne des bons résultats (14,08 mg/100 g, 16,55 mg /100 g), dans le séchage direct (7,57 mg/100 g) il y a une destruction majeure de vitamine C par l'exposition à la chaleur directement.

En termes de perspective et dans le but de compléter ce travail dans l'avenir, est serait intéressant d'une part d'optimiser les teneurs de séchage afin d'améliorer le rendement des paramètres étudiés, d'une autre part d'utiliser des techniques d'analyses avancées (RMN) pour mieux identifier la vitamine C. De plus, est recommandé d'élargir l'étude sur d'autres paramètres (fibres, vitamine E, B1, B6 et B12.....)

Annexe 1 : Matériels et produits chimiques



Lavage de poivron

Le segmentation

Figure 1 : Les étapes de préparation de poivron vert.



Figure 2 : le poivron vert dans séchoir solaire indirect et direct.

Annexe 2 : Matériels et produits chimiques

Les verreries : Tubes à essais, Bécher, Erlenmeyer, Flacons, Entonnoir, Fiole jaugée, Pipette graduée, Burette, Pipette pasteur, Vert de montre, Ballon, Eprouvette graduée.

Les produits chimiques

- Carbonate de sodium.
- (Na^2CO^3) Folinciocalteu.
- Acide gallique.
- Sulfate de cuivre CuSo .
- Sulfate de potassiu.
- K_2So^4 Acide borique.
- Rouge de méthyle.
- L'eau distillée.
- Acide sulfurique concentré 98% et diluée.
- H_2SO_4 Na OH.
- Hexane et Acétone.

ANNEXES

			
Balance de précision	Ballon chauffante	Plaque chauffante	VORTEX
			
Agitateur et barreau magnétique	Clevenger	ROTAVAPOR	Four à moufle
			
Le spectrophotomètre	Etuve	SOXHLET	Appareil de Colorimètre

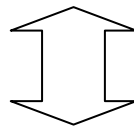
Annexe 3 : Les méthodes physico-chimiques



Masse de la capsule
+ matière fraîche avant séchage



Séchée dans une étuve à 105°C



Masse de l'ensemble après séchage en g

Figure 3 : Les étapes détermination de la teneur en eau.



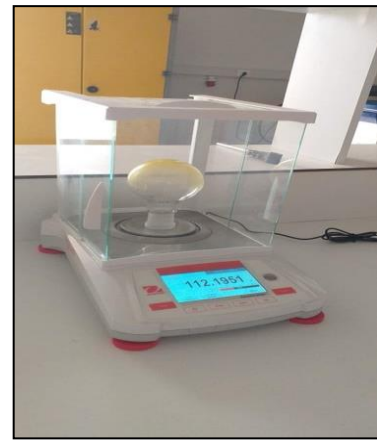
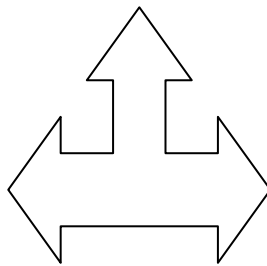
Extraction par soxhlet



Concentration des extraits



Hexane récupéré par rota vapeur



La masse finale du ballon

Figure 4 : détermination de la teneur en lipides totaux

Annexe 4 : Courbe de dosage de vitamine C

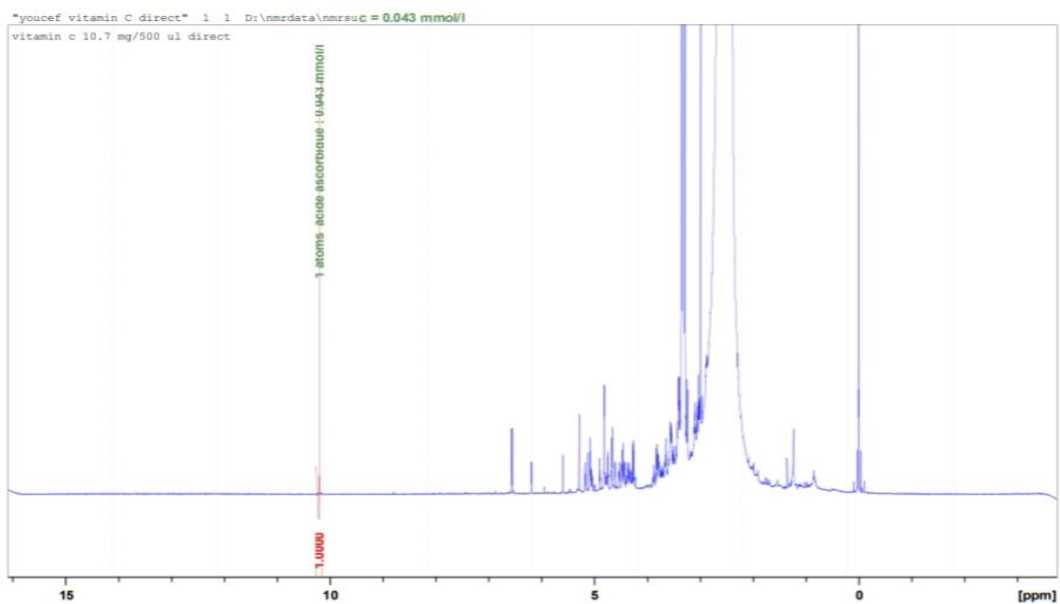
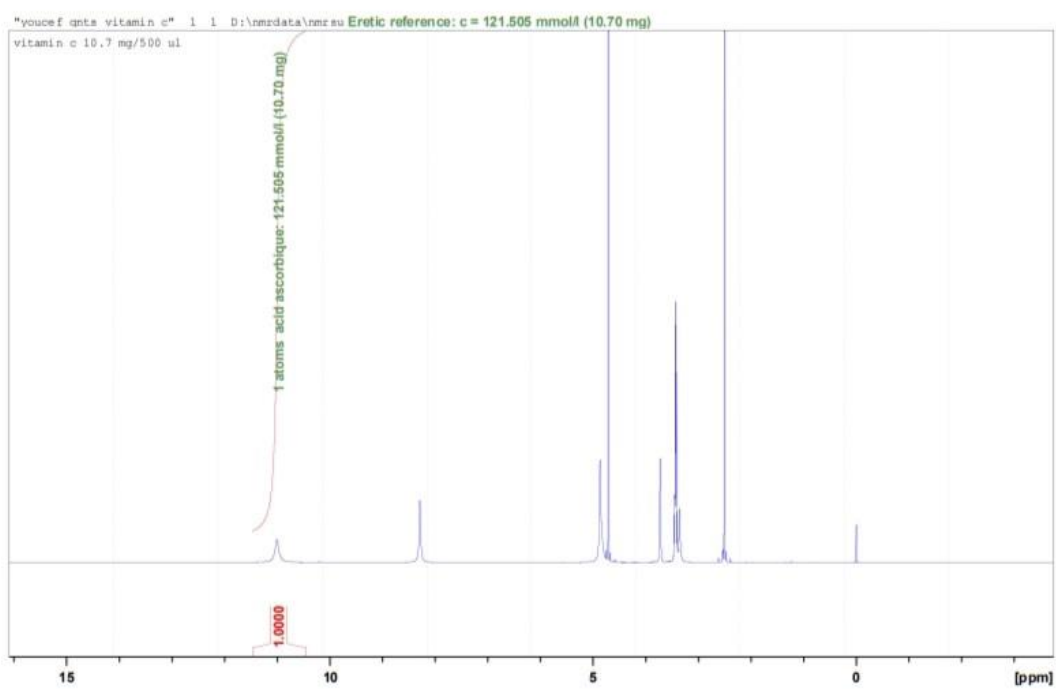


Figure 5 : Courbe de dosage de vitamine C.

Annexe 5 : Les conditions de nos expériences.

Time t/min	Pressure p/hPa	Réal Humidité rH/%	Température T/°C	Wind speed v/m/s
0	999,3	19,69	32,44	0
10	999,4	19,69	33,2	0
20	999,5	17,83	33,44	0
30	999,5	17,49	34	0
40	999,3	17,49	34,06	0
50	999,4	17,49	34,06	0
60	999,5	16,41	35,3	0
70	999,5	15,29	36,54	0
80	999	14,16	37,78	0
90	999,2	13,09	39,01	0
100	999,1	11,96	40,25	0
110	999	11,91	40,25	0
120	999	11,96	40,25	0
130	999	12,01	40,25	0
140	999	12,01	40,25	0
150	999	12,06	40,25	0
160	999	12,11	40,25	0
170	999	12,11	40,25	0
180	999	12,11	39,44	11,44
190	998,9	12,11	40,13	0
200	998,9	11,86	41,13	0
210	999	11,86	41,31	13,8
220	999	11,86	41,31	13,8
230	999	11,76	41,5	5,68
240	999	11,67	41,69	5,68
250	1030,8	11,57	41,88	5,68
260	1030,4	11,47	42,06	5,68
270	1030	11,37	42,25	5,68
280	997,5	11,37	42,25	5,68
290	997,6	11,37	42,25	5,68
300	997,6	11,37	42,25	5,68
310	997,6	11,37	42,25	5,68
320	997,6	11,37	42,25	5,68
330	997,6	11,37	42,25	5,68
340	997,6	11,37	42,25	5,68

Bibliographie

1. A.BENSEDIK, « Modelisation Et Simulation Du Sechage De La Figue Par Des Sechoirs Solaires Indirects Fonctionnant En Convection Forcee », Memoire De Magister, Universite Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen, 2011
2. Afnor, J. A. (1982). "Recueil De Normes Françaises Des Produits Derives Des Fruits Et legumes Jus Defruits."325
3. Al-Duri, B., & McIntyre, S. (1992). Comparison Of Drying Kinetics Of Microwave Foods Using A Fanassisted Convection Oven, A Microwave Oven And A Combined /Convection Oven. *Journal Of Food Engineering*, 15(2), 139-155
4. Amadou H., (2007). Modelisation Du Sechage Solaire Sous Serre Des Boues De Stations D'epuration Urbaines. These de Doctorat, Sciences Pour L'ingenieur. Ecole Doctorale Msii. 248p.
5. Baenas N., Belović M., Ilic N., Moreno D.A., García-Viguera C., (2018). Industrial Use Of Pepper (*capsicum annum l.*) Derived Products: Technological Benefits And Biological Advantages, *Food Chemistry*. 60p
6. Banout J., (2017). Solar drying systems. In: prakash O., Kumar A., *Solar Drying Technology: Concept, Design, Testing, Modeling, Economics, And Environment*. P. 3-38
7. Boughali S., (2010). Etude Et Optimisation Du Sechage Solaire Des Produits Agroalimentaires Dans Les Zones Arides Et Desertiques. These De Doctorat. Genie Mecanique. Energetique, Universite Hadj Lakhdar Batna. 137p
8. Bonazzi C., Bimbenet J. J., (2003). Sechage Des Produits Alimentaires - Principes. *Techniques De L'ingenieur*, F3000, 15 p. In: Nguyen T.C., (2015). Etude Experimentale Et Modelisation Du Procede De Sechage Des Vegetaux. These Docteur En Science L'ingenieur. Universite De Bretagne-Sud. France, 237p
9. Boroze T. T-E., (2011). Outil D'aide A La Conception De Sechoirs Pour Les Produits Agricoles Tropicaux. These De Doctorat, Physique Appliquee, Universite De Lome. 236 P.
10. Brennan J. G., (2006). *Food Processing Handbook*. Ed. WILEY-VCH Verlag GmbH et co-KGaA, Weinheim. Germany, 602p In: Lahbari M., (2015). Etude Et

Stimulation Du Sechage De L'abricot : Application A Quelques Varietes De La Region Des Aures. These De Doctorat, Mecanique, Energetique. 129 p

11. Bosland P.W., Votava E.J., (2000). Peppers: Vegetable and Spice Capsicums. CABI Publishing. 204 In: Mokhtar M., (2015). Identification Et Proprietes Biologiques Des Principes Actifs Du Piment (*Capsicum annum* L.). These De Doctorat. Nutrition et Santé, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. 174p
12. Buffler, C. R. (1993). Engineering Fundamentals for the Food Scientist. Van Nostrand Reinhold, New York, 4, 157-159
13. Boudraa, I. and S. E. Benali (2017). Etude Comparative Entre Deux Methodes D'extraction De La Pectine De L'ecorce De Deux Varietes D'orange (Thomson et Sanguine), Universite De Jijel
14. Chandrasekaran, S., S. Ramanathan, et al. (2013). "Microwave Food Processing—A review." *Food Research International* 52(1): 243-261
15. CISSE, M., N. C. AYEISSOU, K. Alé, N. A. NDIAYE, O. I. K. CISSE, C. TOURE and M. SAKHO "African Food Tradition Evisited by Research FP7 n 245025."
16. Copson, D. A. (1975). Microwave Heating, AVI Publication Comp. Inc.: Westport, Connecticut
17. Chabane, N. and S. Azem (2016). Analyses Physico-Chimiques De Trois Marques Du Jus D'orange Et Dosage De L'aspartame Et Du Benzoate De Sodium, Universite Mouloud Mammeri
18. Daniel, D. R. (2015). Caracterisation De La Composition Chimique Et Potentialites Antioxydantes De L'huile Essentielle De Curcuma Longa (*Zingiberaceae*), Universite D'antananarivo
19. Dudez, P., A. Thémelin and M. Reynes (1996). Le Sechage Solaire A Petite Echelle Des Fruits Et Legumes: Experiences Et Procèdes, Edition Du Gret
20. Deng L-Z., Yang X-H., Mujumdar A. S., Zhao J-H., Wang D., Zhang Q., Wang J., Gao Z-J., Xiao H-W., (2017). Red pepper (*Capsicum annum* L.) drying: Effects Of Different Drying Methods On Drying Kinetics, Physicochemical Properties, Antioxidant Capacity, And Microstructure, *Drying Technology*. 48p
21. De A., (2003). Capsicum: The genus Capsicum. Medicinal and aromatic plants -

industrial profiles, 33 in Mokhtar M., (2015). Identification Et Propriétés Biologiques Des Principes Actifs Du Piment (*Capsicum annum L.*). These De Doctorat. Nutrition et Santé, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. 174p

22. Duzé P., Thémelin A., Reynes M., (1996). Le Séchage Solaire Petite Echelle Des Fruits Et Légumes : Experiences Et Procédés. Édition du Gret, Paris ; 157 p.
23. Djerroud D. (2010). Modélisation Markovienne Du Séchage Continu Par Contact Avec Agitation ; L'université De Toulouse. These De Doctorat En Génie Des Procédés Et De L'environnement De L'université De Toulouse. 166 p
24. Ekechukwu O. V., Norton B., (1999). Review Of Solar Energy Systems II: an Overview Of Solar Drying Technology. *Energy Conversion and Management*, 40, 615-655
25. El-Sebaï, A., S. Aboul-Enein, et al., 2002 : "Empirical Correlations For Drying Kinetics Of Some Fruits And Vegetables." *Energy* 27(9): 845-859
26. Eskilsson, C.S., Bjorklund, E. (2000). Analytical-scale Microwave-assisted Extraction. *Journal Of Chromatography A*, 902: 227–250
27. Fournier V., (2003). Conservation des Aliments. Université laval, Canada. 16 p
28. Kharisov, B. I., Kharissova, O. V., & Méndez, U. O. (2012). Microwave Hydrothermal And Solvothermal Processing Of Materials And Compounds. The Development and Application of Microwave Heating, 5, 107-140
29. KHAZZAR Ali , OUNIS Amor(2020). Contribution A L'étude Expérimentale De Séchage Du Poivron
30. Li, Z. ; Raghavan, G. et Orsat, V. (2010). Temperature And Power Control In Microwave Drying. *Journal Of Food Engineering*. 97(4): 478-483
31. Martynenko A., Bück A., (2019). Intelligent Control in Drying
32. Mann et al., 2004: "Renewable And Sustainable Energy Reviews
33. Mandal, V., Mohan, Y., & Hemalatha, S. (2007). Microwave Assisted Extraction An Innovative And Promising Extraction Tool For Medicinal Plant Research. *Pharmacognosy Reviews*, 1(1), 7-18.
34. Mathavi, V., Sujatha, G., Ramya, S. B., & Devi, B. K. (2013). New Trends In

Food Processing. International Journal Of Advances In Engineering & Technology, 5(2), 176

35. MENNOUCHE, D. (2016). Etude Et Amelioration De L'efficacite Energetique Des Sechoirs Solaires En Application Dans Les Zones Amdes Desertiques Doctorat Universite De Béjaia-Abderrahmane Mira ; Thèse Doctorat
36. Mokhtar M., (2015). Identification Et Proprietes Biologiques Des Principes Actifs Du Piment (*Capsicum Annuum L.*). Thèse De Doctorat. Nutrition et Santé, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. 174p
37. McSweeney, M., Seetharaman, K., 2015. State of Polyphenols in the Drying Process of Fruits and Vegetables. Critical Reviews In Food Science And Nutrition 55, 660-669
38. Wray, D., Ramaswamy, H.S., 2015. Novel Concepts in Microwave Drying of Foods. Drying Technology 33, 769-783
39. Mujumdar A.S., (2006). Handbook of industrial drying. CRC Press, Florida, United States; 1308 p
40. Mounir S., Téllez-Pérez C., Alonzo-Macias M., Allaf K., (2013). Swell drying
41. Nguyen T.C., (2015). Etude Experimentale Et Modelisation Du Procédé De Sechage Des Vegetaux. These Docteur En Science L'ingenieur. Université de Bretagne-sud. France, 237p.
42. Ouali S., (2008). La Technologie Du Sechage Geothermique. Revue des energies Renouvelables SMSTS'08 Alger : 229-23
43. Reddam, S., M. E. Khodir and A. Saf (2018). "Technologies De Sechage Etude De Cas: Sechage De Deux Matrices Vegetales Par Etuve
44. ROUSSY, G., ROCHAS, J. F., & OBERLIN, C. (2003). Chauffage Dielectrique: Technologies. Techniques de L'ingénieur. Génie Electrique, 12(D5941), D5941-1
45. Sasson A., (1986). Nourrir Demain les Hommes, Sextan, UNESCO In: Touzi A., Merzaia Blama A., (2008). La Conservation Des Denrees Agroalimentaires Par Sechage Dans Les Regions Sahariennes. Revue des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger (2008 267-272.
46. Souriau C., Amelin D., (2014). Fabrication De Cuiseurs Et Sechoirs Solaires,

Cameroun, Pro-Agro, 40p

47. Sosa-Morales, M. E., Valerio-Junco, L., Lopez-Malo, A., & Garcia, H. S., (2010) Dielectric Properties Of Foods: Reported Data In The 21st Century And Their Potential Applications. *LWT - Food Science and Technology*, 43(8), 1169-1179
48. Taouch, Z. and S. E. Benali (2017). Etude Comparative Entre Deux Methodes D'extraction De La Pectine A Partir De L'ecorce De Deux Varietes D'orange (Thomson, Sanguine) Master Université de Jijel Master
49. Téllez-Pérez C., Vaclav S., José G. M-G., Galal A., Allaf K., (2014). Impact of SwellDrying Process on Water Activity and Drying Kinetics of Moroccan Pepper (*Capsicum annuum*), *Drying Technology: An International Journal*
50. 19 Vasseur, 2009 : "Séchage: Principes Et Calcul D'appareils-Sechage Convectif Par Air Chaud (partie 1)."
51. Verdier N-A, Sadat A-W, Clément D-A, Emmanuel N-A et Georges N-A. (2016). Impact of Solar and Microwave Oven Drying on A Few Chemical Parameters of Market Value Quality of Fermented Forastero (*Theobroma Cacao L.*). *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 12(4): 402-406
52. Zhang, Qi et al, 2006 ; Vadivambal et Jayas, 2007 : Changes In Quality Of Microwave – Treated Agricultural Products .*Biosystems Engineering*; 98 : 1-16
53. Zidani S., (2019). Influence Des Techniques De Sechage Sur Les Proprietes Physicochimiques Et Fonctionnelles De La Pomme Locale. These De Doctorat, Technologie Alimentaire, Universite Batna 1. 169p
54. Article :Composition nutritionnelle du poivron, disponible en <https://agronomie.info/fr/composition-nutritionnelle-du-poivron/>

Résumé :

Le séchage est l'une des principales techniques de préservation des produits alimentaires. Ce traitement thermique appliqué à notre produit (le poivron vert) par l'utilisation de deux méthodes de séchage (micro-onde et solaire) induit des modifications au niveau des propriétés structurels, biochimiques et nutritionnels du produit et plus spécifiquement la vitamine C dans le poivron vert. Donc notre objectif c'est évalué la qualité et la quantité de la vitamine C. Ensuite, des analyses physicochimiques, biochimiques sont appliqués soigneusement sur les produits séchés afin de comparer entre les concentrations de la vitamine C et les composés nutritives avant et après le séchage ainsi que leur pH et le rendement de chaque méthode de séchage.

Mots clés : séchage, poivron vert, micro-onde, solaire, vitamine C, rendement.

Abstract

Drying is one of the main techniques for preserving food products. This heat treatment applied to our product (green pepper) using two drying techniques (micro-onde and solar drying) are purchased, causing changes in the structural, biochemical and nutritional properties and to be more specific changes in vitamin C in the green pepper. So, our goal is to know the quality and the quantity of vitamin C. Then, physicochemical, biochemical analyses are carefully applied on the dried products in order to compare the concentrations of the vitamin C and the various compounds before and after drying as well as their pH and output for each method of drying.

Keywords: drying, green pepper, micro-onde, solar dryer, vitamin C, output.

المخلص :

التجفيف هو أحد الأساليب الرئيسية لحفظ المنتجات الغذائية حيث يتم تطبيق هذه المعالجة الحرارية على منتجنا الغذائي (الفلل الاخضر) باستخدام طريقتي تجفيف مختلفتين (ميكرو اوند و تجفيف شمسي) ، مما يؤدي إلى تغييرات في الخصائص الهيكلية والكيميائية الحيوية والتغذية للمادة وبالأخص الفيتامين س. لذا فإن هدفنا هو تقييم كميته وجودة الفيتامين س بعد ذلك، يتم تطبيق التحاليل الفيزيائية والكيميائية الحيوية بعناية على المنتجات المجففة من أجل مقارنة تركيزات المركبات الغذائية و الفيتامين س قبل التجفيف وبعده ودرجة حموضتها وكذلك المحصول الخاص بكل طريقته تجفيف .

الكلمات المفتاحية : التجفيف، الفلّل الاخضر ، ميكرو اوند، التجفيف الشمسي ، تحت الشمس، فيتامين س ، محصول.