



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohammed El Bachir El Ibrahim B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

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

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie

Intitulé:

Cinétique de séchage d'*Allium cepa* L. par microonde

Présenté par:

MEHENNI Hadjer et ZOUAOUI Fatima Zohra

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

Président :	Mme. FATMI Widad	MCA.	Université de Bordj Bou Arreridj
Encadrant :	M. BECHAMI Sofiane	MAA.	Université de Bordj Bou Arreridj
Examineur :	M. BELLIK Yuva	Pr.	Université de Bordj Bou Arreridj

Année Universitaire 2023/2024

Remerciements

Nous remercions DIEU tout-puissant, maître des cieux et de la terre, qui nous a permis de mener à bien ce travail.

*Tout d'abord, nous exprimons également notre gratitude envers **Mme. FATMI Widad**, Maître de conférence à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'université de Bordj Bou Arreridj, d'avoir accepté de présider le jury.*

*Nous remercions **M. BELLIK Yuva**, Professeur à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'université de Bordj Bou Arreridj, d'avoir accepté de juger ce modeste travail et de participer au jury.*

*Enfin, nous tenons à adresser nos plus vifs remerciements à notre promoteur, **M. BECHAMI Sofiane**, Maître assistant, qui nous a fait l'honneur de réaliser ce travail sous sa direction. Nous le remercions pour sa grande patience, sa disponibilité et ses conseils judicieux.*

Nous sommes reconnaissants envers toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Un grand merci à tous

Dédicace

*Celui qui a dit que j'étais à elle « l'a compris ». Le voyage n'était pas court, et il ne devrait pas l'être. Le rêve n'était pas proche et le chemin n'était pas semé d'embûches. Mais je l'ai fait et je l'ai eu. Louange à **Allah**, amour, remerciement et gratitude, grâce auxquels je suis ici aujourd'hui face à un rêve tant attendu qui est devenu une réalité dont je suis fier.*

*À mon ange pur et à ma force après Dieu, ma première et éternelle supportrice, « **Mère** », je vous dédie cette réalisation qui, sans vos sacrifices, n'aurait pas existé, je vous en suis reconnaissante.*

*À mon très cher et plus grand **père**, même si vous n'étiez pas là pour assister à ce moment, votre souvenir et votre amour n'ont jamais quitté mon cœur. Chaque réalisation que j'obtiens dans ma vie est grâce à vous et à vos sages conseils, je sais que vous. Tu me regardes du ciel avec fierté et avec un sourire, et cette journée t'est dédiée, car tu es la bougie qui a illuminé mon chemin vers le succès. Je t'aime et tu me manques, et je continuerai à être fier de toi chaque jour. .»*

A ceux à qui il a été dit:

Nous renforcerons votre soutien à travers votre frère. » À celui qui a inlassablement tendu la main dans mes moments de faiblesse.

*Mon **frère**, que Dieu te garde comme un côté constant pour moi.*

*À celle qui me rappelle ma force et se tient derrière moi comme mon ombre, « **ma petite sœur** ».*

*Et Merci beaucoup, ma chère **amie Hadjer**, pour tous les efforts que tu fournis dans ce travail commun. Je ne peux pas exprimer à quel point je t'apprécie et tout le soutien et la collaboration que tu offres. Tu es vraiment une partenaire précieuse, et je suis reconnaissante de t'avoir dans ma vie.*

*Enfin, à mes chers **amis et compagnons (Hadjer, Sonia, Shamsou, Anas, Abdallah, Haithm)**, je tiens à vous exprimer ma plus profonde gratitude pour le soutien indéfectible et les encouragements inestimables que vous m'avez prodigués tout au long de mon parcours universitaire. Votre présence, votre soutien et votre amitié ont été des piliers essentiels dans cette aventure, et je vous en serai éternellement reconnaissant. Que notre amitié perdure et que nous continuions à nous soutenir mutuellement dans les défis à venir. Merci du fond du cœur pour tout.*

FATIMA

Grâce à la volonté divine d'ALLAH notre dieu tout puissant et bien qui m'a permis d'achever et de présenter ce travail.

Je dédie ce modeste travail

A Ma perle, ma très chère mère

A celle qui m'a donnée l'amour, la compréhension, la tendresse, le courage et la femme dont l'affection, la grandeur d'âme et l'esprit m'ont permis d'arriver à surmonter tous les objectifs pour pouvoir donner le meilleur

A Ma force, mon plus cher papa

A celui qui m'a voulu toujours et m'a aidée pour mieux avancer durant toute ma vie avec son amour, sa confiance, ses prières et ses encouragements rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation

A mes très chères sœurs

Ma joie et ma fierté, qui m'ont donné tout leur amour pour me permettre de terminer mes études que Dieu les garde et les protège

A mes frères

Mon aide dans le parcours de ma vie

A mon Binôme

Fatima qui a partagée avec moi les moments difficiles de ce travail, Je ne peux pas exprimer à quel point je t'apprécie et tout le soutien et la collaboration que tu offres. Tu es vraiment une partenaire précieuse, et je suis reconnaissante de t'avoir dans ma vie.

A mes très chères amies

Les meilleurs de tout le temps Chayma, Kamla, Aya, Douaa qui m'ont accompagné tout au long de ma carrière universitaire et nous avons partagé des rires, des larmes, des hautes et des bas ensemble nous avons affronté chaque défi que la vie nous a lancé partager ce moment important de ma vie avec des gens comme vous c'est une bénédiction j'ai tellement de chance de t'avoir dans ma vie Je ne pourrais pas être ici sans vous les gars

A mon encadreur Dr. BECHAMI SOFIANE

*A tous mes enseignants tout au long de mes études. Et tous les étudiants de notre promotion
« Biochimie ».*

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

HADJER

Sommaire

Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	1
I. Matériel et Méthodes	2
I.1. Matériel	2
I.1.1. Matériel végétal	2
I.1.2. Classification systématique :	3
I.1.3. Nomenclature	3
I.1.4. Propriétés biochimiques	3
I.1.5. Activités biologiques	4
I.1.5.1. Activité antioxydante	4
I.1.5.2. Activité antiinflammatoire	4
I.1.5.3. Activité antibactérienne	4
I.2. Méthodes d'analyses	5
I.2.1. Cinétique du séchage	5
I.2.1.1. Détermination de la teneur en eau initiale	5
I.2.1.2. Séchage	5
I.2.1.3. Préparation des poudres	6
I.2.1.4. Préparation des extraits par macération	6
I.2.2. Analyse quantitative	7
I.2.2.1. Détermination du rendement	7
I.2.2.2. Détermination de la teneur en cendres	7
I.2.3. Analyse chimique	8
I.2.3.1. Dosage des polyphénols totaux	8

I.2.3.2. Dosage des flavonoïdes totaux	8
I.2.3.3. Dosage des caroténoïdes	9
I.2.3.4. Activité antioxydante	10
I.2.3.5. Test au DPPH	10
II. Résultats et discussion	12
II.1. Détermination du taux d'humidité initial	12
II.2. Cinétique du séchage	12
II.2.1. Impact de séchage au soleil et aux microondes sur la teneur en eau	13
II.2.2. Impact de séchage au soleil et aux microondes sur le taux d'humidité	16
II.3. Analyse quantitative	18
II.3.1. Rendements des extractions	18
II.3.1.1. Macération	18
II.3.2. Taux de cendres	19
II.4. Analyse chimique	20
II.4.1. Impact de séchage sur le dosage des polyphénols totaux	20
II.4.2. Impact de séchage sur le dosage des flavonoïdes totaux	21
II.4.3. Impact de séchage sur le dosage des caroténoïdes	22
II.4.4. Activité antioxydante	24
II.4.4.1. Test de blanchissement du β - carotène	24
II.4.4.2. Test au DPPH	26
Conclusion	29
Références bibliographiques	30

Résumé

Le séchage, l'une des méthodes les plus anciennes de conservation des herbes et des légumes, a fait l'objet de notre étude. Nous avons cherché à évaluer la cinétique de séchage en termes de perte d'eau dans le temps et à étudier l'impact du séchage par micro-ondes et du séchage au soleil sur la qualité phytochimique des oignons. Nous avons analysé la composition physicochimique et l'activité antioxydante des composés extraits dans différentes conditions. L'évaluation quantitative a révélé que les polyphénols totaux atteignaient une concentration de 884,66 mg EAG/100 g, tandis que les flavonoïdes culminaient à 86,87 mg EQQ/100 g, tous deux à une puissance de 100 W. Les caroténoïdes, quant à eux, n'atteignaient pas une concentration supérieure à celle de l'oignon. Il est intéressant de noter que les caroténoïdes ont présenté un comportement contrasté : 12,99 mg d'EB-carotène/100 g à 10 W et seulement 0,92 mg d'EB-carotène/100 g à 100 W. En outre, l'activité anti-radicalaire DPPH était la plus élevée à 30 W (42,43 %). La teneur en β -carotène était optimale à 100 W (53,97 mg EAG/100 g). Dans l'ensemble, le séchage par micro-ondes à 100 W est apparu comme la méthode la plus efficace pour préserver la valeur nutritionnelle de l'oignon, réduisant de manière significative le temps de séchage par rapport au séchage au soleil.

Mots clés : cinétique de séchage, micro-ondes, polyphénols, flavonoïdes, DPPH, β -carotène, oignon.

ملخص

التجفيف، وهو أحد أقدم الطرق التقليدية لحفظ الأعشاب والخضروات ، محور دراستنا. كنا نهدف إلى تقييم حركية التجفيف من حيث فقدان الماء بمرور الوقت والتحقيق في تأثير التجفيف بالموجات الدقيقة والتجفيف بالشمس على الجودة الكيميائية النباتية للبصل. قمنا بتحليل التركيب الفيزيائي الكيميائي والنشاط المضاد للأكسدة للمركبات المستخلصة في ظل شروط مختلفة. وكشف التقييم الكمي أن إجمالي البوليفينول وصل إلى تركيز 884.66 ملغ من مادة EAG/100 غ، بينما بلغت مركبات الفلافونويد ذروتها عند 86.87 ملغ من معادل الكمية/ 100 غ، وكلاهما عند طاقة 100 واط. ومن المثير للاهتمام، أظهرت الكاروتينات سلوكًا متباينًا 12.99 ملغ بيتا-كاروتين/ 100 غ عند 10 واط و0.92 ملغ بيتا-كاروتين/ 100 غ فقط عند 100 واط. بالإضافة إلى ذلك، كان نشاط DPPH المضاد للجذور الحرة أعلى عند 30 واط (42.43%). والجدير بالذكر أن محتوى بيتا كاروتين كان الأمثل عند 100 واط (53.97 ملغ بيتا-كاروتين/ 100 غ). بشكل عام، برز التجفيف بالموجات الدقيقة عند 100 واط كأكثر الطرق فعالية للحفاظ على القيمة الغذائية للبصل، مما قلل بشكل كبير من وقت التجفيف مقارنة بالتجفيف الشمسي.

الكلمات المفتاحية: حركية التجفيف، الموجات الدقيقة، البوليفينول، الفلافونويد، DPPH، بيتا كاروتين، البصل.

Abstract

Drying, one of the oldest methods for preserving herbs and vegetables was the focus of our study. We aimed to evaluate the drying kinetics in terms of water loss over time and investigate the impact of microwave drying and sun drying on the phytochemical quality of onions. We analyzed the physicochemical composition and antioxidant activity of the extracted compounds under various conditions. The quantitative assessment revealed that total polyphenols reached a concentration of 884.66 mg EAG/100 g, while flavonoids peaked at 86.87 mg EQQ/100 g, both at 100 W power. Interestingly, carotenoids exhibited contrasting behavior: 12.99 mg EB-carotene/100 g at 10 W and only 0.92 mg EB-carotene/100 g at 100 W. Additionally, the DPPH anti-free radical activity was highest at 30 W (42.43%). Notably, β -carotene content was optimal at 100 W (53.97 mg EAG/100 g). Overall, microwave drying at 100 W emerged as the most effective method for preserving onion's nutritional value, significantly reducing drying time compared to sun drying.

Keywords: drying kinetics, microwave, polyphenols, flavonoids, DPPH, B-carotene, onion.

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification de l'*Allium cepa* L. 3

Liste des figures

Figure 1: L' <i>Allium cepa</i> L.	2
Figure 2: Description de bulbe de L' <i>Allium cepa</i> L.	2
Figure 3: Schéma d'un microonde	6
Figure 4 : Taux d'humidité initial de l'oignon.	12
Figure 5: Teneur en eau de l'oignon séché au soleil et aux microondes en fonction du temps de séchage.	15
Figure 6: Taux d'humidité de l'oignon séché au soleil et aux microondes en fonction du temps de séchage.	17
Figure 7: Rendements des extraits (SSEM : séché au soleil extrait méthanolique, SSEA : séché au soleil extrait éthanolique, SSEA : séché au soleil extrait aqueux).	18
Figure 8: Teneurs en cendres de l'oignon frais et séché aux microondes (MD) et au soleil (SS).	19
Figure 9: Teneurs en polyphénols des extraits de l'oignon frais et séché aux microondes (10W, 30W, 50W, 80W, 100W) et au soleil (SSEM).	20
Figure 10: Teneurs en flavonoïdes des extraits de l'oignon frais et séché aux microondes (10W, 30W, 50W, 80W, 100W) et au soleil (SSEM).	22
Figure 11: Teneurs en caroténoïdes de l'oignon frais et séché aux microondes (10W, 30W, 50W, 80W, 100W) et au soleil (SS).	23
Figure 12: Cinétique de blanchissement du β - carotène en absence et en présence des extraits de l'oignon frais et séché au soleil (SSEM) et aux microondes (10W, 30W, 50W, 80W et 100W), BHT C (+) et l' éthanol C (-)	25
Figure 13: Activité anti-oxydante relative de l'oignon frais et séché au soleil (SSEM) et aux microondes (10W, 30W, 50W, 80W et 100W), BHT C (+) et l' éthanol C (-) après 48 h.	26
Figure 14: les pourcentages d'inhibition du radical DPPH de l'oignon frais et séché au soleil (SSEM), aux microondes (10W, 30W, 50W, 80W et 100W) et BHT	27

Liste des abréviations

AAR : Activité Anti- Radicalaire.

BHT : Butylhydroxytoluène.

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl.

EA : Extrait aqueux.

EAG : Equivalents d'acide gallique.

EE : Extrait éthanolique.

EM : Extrait méthanolique.

EQ : Equivalent de quercétine.

E β -carotène: Equivalent β -carotène.

FOS : fructo-oligosaccharides.

GHz : Gigahertz.

MHz : mégahertz.

MS : Matière sèche.

SM: Séchage au microonde.

SS : Séchage au soleil.

TPC : Teneur en composés phénoliques.

W: Watts.

Introduction

Introduction

L'utilisation des plantes médicinales est le type de médecine le plus répandu dans le monde. L'application des remèdes à base de plantes et la découverte de nouveaux composés dotés d'une activité biologique comptent parmi les problématiques scientifiques les plus importantes (**Abedini, 2013**).

L'étude de la chimie des plantes demeure un sujet pertinent, même avec son passé riche. Cela s'explique par le fait que le règne végétal constitue une source essentielle d'une grande variété de composés chimiques bioactifs. De nombreux éléments présents dans les plantes trouvent des applications diverses dans l'alimentation, l'industrie, les cosmétiques et la dermatopharmacie, tels que les tanins, les lignanes, les alcaloïdes, les acides phénoliques, les flavonoïdes, les terpènes et les coumarines. (**Cowan, 1999 ; Abedini, 2013**).

Les oignons possèdent d'importantes qualités nutritionnelles et médicinales. Les oignons contiennent des niveaux substantiels de potassium, de vitamine B6 et de vitamine C, ce qui en fait une excellente source alimentaire de nutriments. De plus l'oignon contient de nombreux phyto-nutriments bénéfiques, notamment les polyphénols, les flavonoïdes, les fructo-oligosaccharides (FOS), les thiosulfates et d'autres composés soufrés, sont connus pour être abondants dans l'oignon (**Ormsby et Pottinger, 2009**).

Le séchage des matrices végétales présente un grand intérêt pour le monde des épices. Un séchage innovant et rapide est une alternative au séchage traditionnel. L'objectif de cet étude est d'évaluer la cinétique de séchage de la matrice végétale de l'oignon par micro-ondes. De plus, nous visons à estimer la teneur de cette espèce végétale en composés actifs essentiels, en particulier les composés polyphénoliques présents dans le fruit, et à déterminer leur potentiel antioxydant.

PARTIE
EXPERIMENTALE

Chapitre I :

Matériel et Méthodes

I. Matériel et Méthodes

I.1. Matériel

I.1.1. Matériel végétal

Ce travail a été réalisé dans le laboratoire de biochimie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Mohammed El Bachir El Ibrahim, L'oignon frais ont été obtenu au marché des légumes de la ville de Bordj Bou Arreridj. Les bulbes d'oignon ont été soigneusement épluchés pour éliminer toutes les impuretés (nettoyage consiste en l'élimination des enveloppes externes et des racines entourées de terre), puis coupés en fines tranches d'environ 2-3 mm d'épaisseur et soumis à un séchage par micro-ondes à différents puissances et à un séchage par soleil.

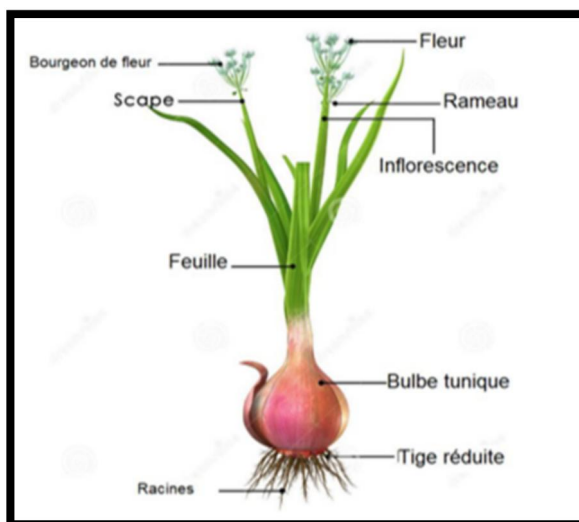


Figure 1: L'*Allium cepa* L. (Yıkmiş, 2022).

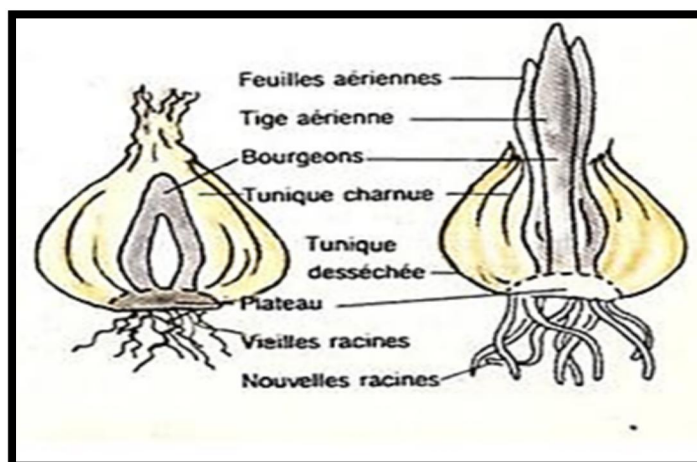


Figure 2: Description de bulbe de L'*Allium cepa* L. (Rabiou, 2014).

I.1.2. Classification systématique :

Selon Hamdini, (2009), La classification de l'*Allium cepa* L. est la suivante (Tab. 1).

Tableau 1: Classification de l'*Allium cepa* L.

Règne	<i>Plantae</i>
Division	Angiospermes (<i>Magnoliophyta</i>)
Classe	<i>Liliopsida</i>
Ordre	Liliales
Famille	<i>Liliaceae</i>
Genre	<i>Allium</i>
Espèce	<i>Allium cepa</i> L.

I.1.3. Nomenclature

L'espèce L'*Allium cepa* L., également connu sous plusieurs noms universels. En arabe: Elbassal (البصل). En Amazighe : Azalim. En anglais : Onion. En Français : Oignon. En Chinois: Yang Cong. En Espagnol : cebolla. En Italien : cipolla (Ricard, 1968 ; De Bon, 1992 ; Métaillé, 2000).

I.1.4. Propriétés biochimiques

D'un point de vue nutritionnel, l'oignon est perçu comme un aliment énergétique, protecteur et de soutien en raison de sa teneur élevée en vitamines (vitamines B, vitamine C, provitamine A), en minéraux (potassium, sodium, zinc, fer, phosphore, sélénium, magnésium, manganèse, calcium...), en lipides, en protéines, en glucides, en huiles essentielles, en acides organiques et en fibres (Compaore *et al.*, 2020).

Allium cepa L. est une plante qui renferme une grande quantité de composés biologiquement actifs, tels que les acides phénoliques, les thiosulfines et les flavonoïdes. Le sulfure de méthyle 5-méthylfuryl et le sulfure de diméthyl sont les principaux composants de l'huile essentielle d'oignon. L'oignon contient des acides phénoliques issus

de l'acide benzoïque ou de l'acide cinnamique, tels que l'acide protocatéchuique, l'acide gallique et l'acide p-hydroxybenzoïque. Les flavonoïdes présents dans l'oignon sont le kaempférol, la quercétine, la myricétine, la fisétine et la lutéoline. Les oignons rouges se caractérisent par une forte teneur en flavonols et de glycosides de cyanidine, de péonidine et de pélargonidine, anthocyanes rouges (Kuete, 2017).

I.1.5. Activités biologiques

L'*Allium cepa* L., présente plusieurs activités biologiques dont on peut citer:

I.1.5.1. Activité antioxydante

L'*Allium cepa* L., est riche en composés phénoliques, principalement les flavonoïdes, qui ont des propriétés antioxydantes. Plusieurs études ont rapporté les activités antioxydantes d'*Allium cepa* L. et de ses constituants et ont présenté la plante comme une source potentielle d'antioxydants naturels (Ouedraogo *et al.*, 2015).

I.1.5.2. Activité antiinflammatoire

Plusieurs études ont montré les effets bénéfiques de l'oignon et de ses ingrédients actifs sur l'inflammation et ont suggéré que les plantes d'*Allium cepa* L. sont efficaces pour traiter les troubles inflammatoires à moindre coût et avec des effets secondaires limités, par rapport aux médicaments chimiques (Marefati *et al.*, 2021).

I.1.5.3. Activité antibactérienne

Des études *in vitro* ont montré que l'oignon possède une activité antibactérienne, et activité inhibitrice sur six bactéries (*B. cereus*, *S. aureus*, *Micrococcus* sp., *E. coli*, *Klebsiella* sp., et *Proteus* sp.), L'activité antimicrobienne a été attribuée à la capacité d'inhiber la synthèse de l'ARN et de perturber les membranes cellulaires par l'allicine (Hamdini, 2009).

I.2. Méthodes d'analyses

I.2.1. Cinétique du séchage

I.2.1.1. Détermination de la teneur en eau initiale

Pour la détermination de la teneur en eau des échantillons d'oignon, 5 g de matière végétale sont séchés à 105°C dans une étuve pendant 6h. Cette mesure a été effectuée selon la méthode **AOAC. (2000)**.

La teneur en eau est calculée selon la formule suivante :

$$\text{TE}(\%) = (\text{P0}-\text{PF}/\text{P0}) * 100$$

Avec :

TE(%): teneur en eau;

P0: Poids initial de l'échantillon;

PF: Poids final de l'échantillon.

I.2.1.2. Séchage

Il s'agit d'une séparation thermique visant à éliminer tout ou partie d'un liquide d'un corps humide par vaporisation, produisant un solide qualifié de « sec » malgré une humidité résiduelle. Le séchage est une opération de conservation essentielle pour de nombreux produits alimentaires, souvent la dernière étape après l'évaporation. (**Romdhane, 2015**).

I.2.1.2.1. Séchage par microondes

Le chauffage par micro-ondes, consiste en la dissipation d'énergie des ondes électromagnétiques dans un matériau diélectrique.

Des échantillons de 25g d'oignon ont été séchés par micro-ondes à différentes puissances (10, 30, 50, 80 et 100W). Pour le séchage, les tranches coupés d'environ 2-3 mm d'épaisseur. ont été étalées sur une assiette en verre, puis placées dans les microondes. Les échantillons ont été pesés à des intervalles réguliers : toutes les 2 secondes pour 100W, toutes les 3 secondes pour 80W et 50W, et toutes les 5 secondes pour 30W et 10W, à l'aide d'une balance jusqu'à stabilisation du poids, pour suivre l'état de perte d'eau.

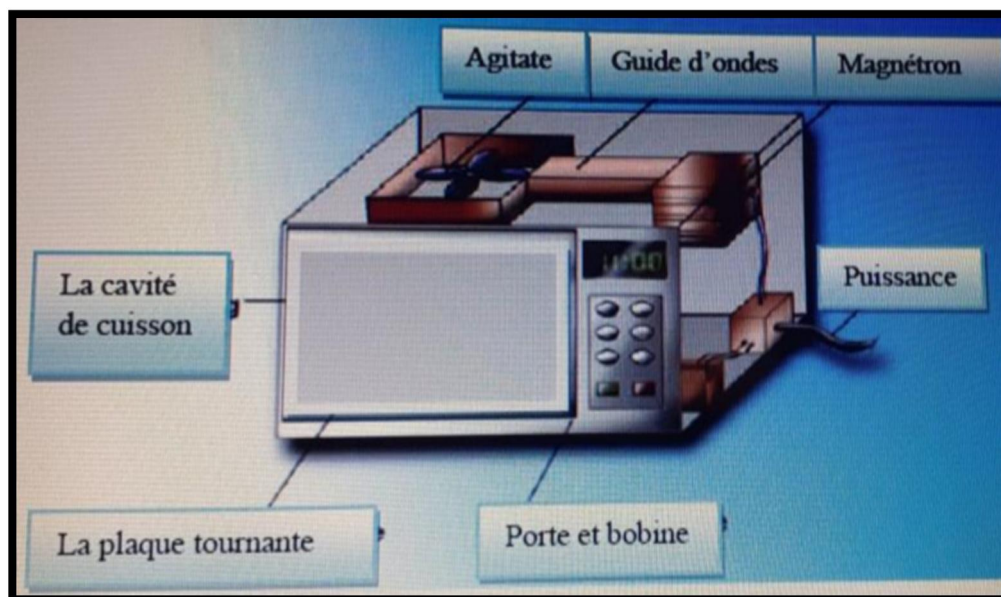


Figure 3: Schéma d'un microonde (Lakehal *et al.*, 2020).

I.2.1.2.2. Séchage au soleil

Des échantillons de 25g d'oignon ont été séchés au soleil. Les tranches ont été étalées sur des assiettes et exposées au soleil (18-25 C°), puis pesées à intervalles réguliers de 3 heures pendant 27h jusqu'à stabilisation du poids, pour suivre l'état de perte d'eau.

I.2.1.3. Préparation des poudres

Après chaque opération de séchage, les échantillons sont broyés à l'aide d'un broyeur électrique. Cette poudre est ensuite conservée dans des boîtes hermétiques pour d'autres utilisations ultérieures.

I.2.1.4. Préparation des extraits par macération

L'extrait de fruit d'*Allium cepa* L. a été préparé à partir de 3 g de poudre ont été placés dans un bécher de 100 ml, protégé de la lumière par du papier aluminium pour éviter toute dégradation des molécules. Ils ont été macérés pendant 24 heures dans 30 ml de chaque solvant (méthanol 80%, éthanol 80% et eau distillée), sous agitation à une température ambiante. Après 24 heures de macération, l'homogénat obtenu est filtré à l'aide d'un papier filtre Whatman. Les filtrats des extraits méthanoliques, éthanoliques et aqueux sont ensuite séchés dans l'étuve à 40 °C (Annexe 2) (Gupta *et al.*, 2013).

L'extrait sec obtenu est pesé et conservé à l'abri de la lumière pour utilisation ultérieure.

I.2.2. Analyse quantitative

I.2.2.1. Détermination du rendement

Le poids de l'extrait a été calculé en soustrayant le poids de la boîte de Pétri vide du poids de la boîte de Pétri contenant l'extrait après élimination du solvant. Le rendement d'extraction est exprimé en pourcentage et est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$\mathbf{R\% = (PF/ PI) \times 100}$$

Avec :

R : Rendement en pourcentage (%).

PF : Poids final de l'extrait sec en gramme.

PI : Poids initial de la poudre mise à l'extraction en gramme.

I.2.2.2. Détermination de la teneur en cendres

Les cendres représentent le résidu blanchâtre qui reste après l'incinération d'un échantillon contenant des substances organiques. Pour cela, 1g de matière fraîche et séchée est pesé dans un creuset en porcelaine. Celui-ci est ensuite placé dans une étuve pendant 6 heures, puis dans un four à moufle à 550°C pendant 6 heures, jusqu'à obtention de cendres blanchâtres de poids constant (AOAC, 1970).

La teneur en cendres (Cd) est calculée selon la formule suivante :

$$\mathbf{Cd (\%) = (M1 - M2) / P. 100}$$

Avec :

Cd (%) : Teneur en cendres.

M1 : Masse de la capsule + la prise d'essai (g).

M2 : Masse de la capsule + les cendres (g).

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

I.2.3. Analyse chimique

I.2.3.1. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux dans les différents extraits est effectué en utilisant la méthode de Folin-Ciocalteu (**Jaramillo-Flores *et al.*, 2003**).

Les polyphénols totaux ont été déterminés à l'aide du réactif colorimétrique de Folin-Ciocalteu. 200 µl de chaque extrait ont été ajoutés à 900 µl de réactif de Folin-Ciocalteu. Les solutions ont été mélangées et incubées pendant 5 minutes. Après cette incubation, 900 µl d'une solution de carbonate de sodium (Na₂CO₃) à 6 g/l ont été ajoutés. Le mélange final a été agité et incubé pendant 1 heure et 30 minutes à température ambiante dans l'obscurité.

L'absorbance des extraits a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à 750 nm. Chaque expérience a été réalisée en trois exemplaires pour chaque concentration d'extrait.

La teneur en polyphénols totaux a été déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage et est exprimée en µg de matière sèche à l'aide de l'équation suivante (**annexe 3**):

$$Y=0.0004x+0.0204$$

Avec:

Y : Absorbance.

X : Teneur en microgramme équivalent d'acide gallique/mg d'extrait.

I.2.3.2. Dosage des flavonoïdes totaux

L'estimation de la teneur totale en flavonoïdes dans les extraits est effectuée en utilisant la méthode de **Chandra *et al.* (2014)**.

Pour quantifier la teneur en flavonoïdes de nos extraits, une solution de chlorure d'aluminium (AlCl₃) à 2% a été utilisée. 400 µl de chaque extrait ont été ajoutés à 400 µl de réactif de chlorure d'aluminium. Les solutions ont été mélangées et incubées pendant 1 heure à température ambiante dans l'obscurité.

L'absorbance des extraits a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à 420 nm. Chaque expérience a été réalisée en triplicata pour chaque concentration d'extrait.

La teneur en flavonoïdes a été déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage préparée avec de la quercétine (**annexe 4**) et est exprimée en μg de matière sèche selon l'équation suivante :

$$Y=0.0018x-0.0069$$

Avec:

Y : Absorbance.

X : Teneur en micro gramme équivalent quercetine /mg d'extrait.

I.2.3.3. Dosage des caroténoïdes

L'extraction des caroténoïdes a été réalisée selon la méthode décrite par **Soto-Zamora et al. (2005)**.

L'extraction des caroténoïdes s'effectue comme suit : 5 g d'oignon haché ou de poudre d'oignon sont placés dans un bécher, puis 30 ml d'un mélange de solvants [Hexane (10 ml) + Acétone (7 ml) + Éthanol (6 ml) + Toluène (7 ml)] sont ajoutés. Les béchers sont incubés sous agitation pendant 15 minutes, puis 1 ml de KOH 1M est ajouté, et le mélange est incubé pendant 17 heures à l'obscurité. Après incubation, 15 ml d'hexane sont ajoutés, suivis de 15 ml de sulfate de sodium à 1 % après 1 minute. Le mélange est laissé à décanter dans l'obscurité pendant 1 heure et l'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 450 nm.

Chaque expérience a été réalisée en triplicata pour chaque concentration de l'extrait par l'équation de la courbe d'étalonnage suivante (**annexe 5**) :

$$Y=0.1587x$$

Avec:

Y: Absorbance.

X: Teneur en micro gramme équivalent β -carotène /mg d'extrait.

I.2.3.4. Activité antioxydante

I.2.3.4.1. Test de blanchissement du β -carotène

L'évaluation de l'activité antioxydante est essentielle pour comprendre les propriétés bénéfiques des composés naturels. La méthode décrite par **Tepe *et al.* (2006)** est basée sur l'oxydation de l'acide linoléique, qui génère des radicaux peroxydes.

Dissoudre 2 mg de β -carotène dans 10 ml de chloroforme. La solution obtenue a été transférée dans un ballon contenant 45 μ l d'acide linoléique et 400 mg de Tween 40. Après évaporation du chloroforme, 100 ml d'eau distillée ont été ajoutés sous forte agitation. 4,5 ml de la solution résultante ont été mélangés à 0,5 ml de chaque extrait et au témoin BHT. L'absorbance a été immédiatement mesurée pour le BHT à 470 nm.

La lecture de L'activité antioxydante relative après 48 heures est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{AAR} = (\text{Abs Échantillon} / \text{Abs BHT}) \times 100$$

Où :

- **AAR** : activité anti-oxydante relative.
- **Abs Échantillon** : absorbance de l'échantillon après 48 heures.
- **Abs BHT** : absorbance du BHT après 48 heures.

I.2.3.5. Test au DPPH

Le test au 2,2-diphényl-2-picryl-hydrazyle (DPPH) est une méthode couramment utilisée pour évaluer l'activité antioxydante des extraits de plantes (**lopes-lutz *et al.*, 2008**).

Une solution de 100 μ l de chaque extrait (0.1 mg/ml) a été ajoutée à 2 ml de solution méthanolique de DPPH (0,004%). Parallèlement, un témoin négatif est préparé. Les lectures d'absorbance ont été effectuées par rapport à un blanc préparé pour chaque concentration à 517 nm après 30 minutes d'incubation dans l'obscurité à température ambiante.

Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition des radicaux libres (AAR%) selon la formule suivante :

$$\text{AAR\%} = [1 - (\text{Abs Échantillon} - \text{Abs Contrôle négatif})] \times 100$$

Avec:

AAR%: Activité anti-radicalaire.

Abs Échantillon : Absorbance de l'échantillon.

Abs Contrôle négatif : Absorbance du contrôle négatif.

Chapitre II:

Résultats et discussion

II. Résultats et discussion

II.1. Détermination du taux d'humidité initial

La teneur en eau des échantillons est déterminée par le test d'humidité (**Fig. 4**).

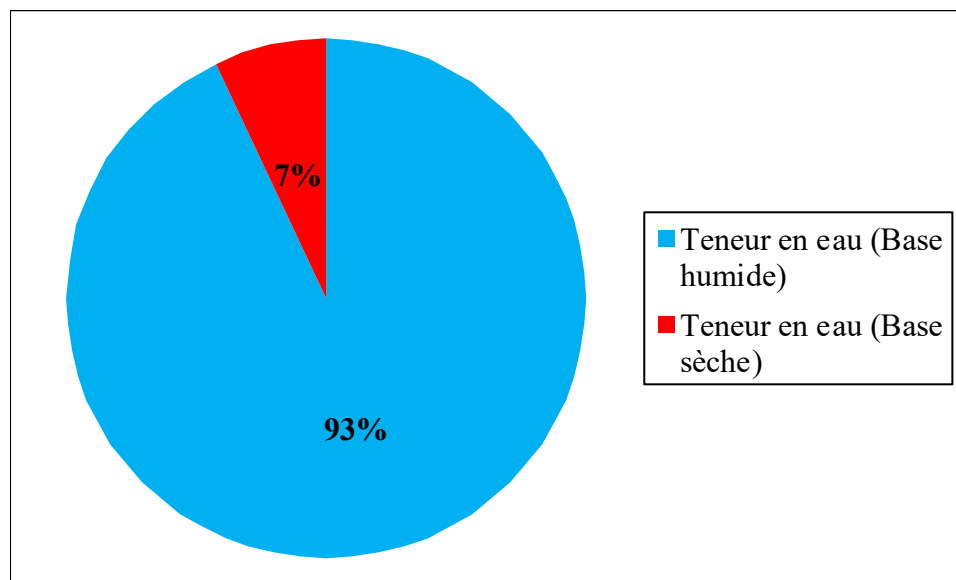


Figure 4 : Taux d'humidité initial de l'oignon.

Les résultats ont montré que l'oignon frais est composé de 93% d'humidité (teneur en eau) et de 7% de matière sèche. Ces valeurs sont très proches de celles obtenues par **Konate et al. (2017)**, qui ont obtenu une teneur de 9,63 % de matière sèche. La forte teneur en eau de l'oignon frais le rend hautement périssable et limite sa conservation à l'entreposage à température ambiante. Ces données de poids sec représentent la valeur optimale pour laquelle le produit ne se détériore pas et garde ses qualités nutritionnelles ; couleur, goût, odeur et huiles essentielles, etc...

II.2. Cinétique du séchage

Le séchage par micro-ondes est une méthode appropriée pour éviter les problèmes de séchage pendant les périodes froides. Il permet de raccourcir les temps de séchage, de préserver davantage de substances chimiques bioactives que le séchage au soleil et d'améliorer les qualités sensorielles, notamment la texture et la couleur (**Mdziniso et al., 2006**).

Le séchage au soleil est la technique de séchage naturel la plus populaire, car c'est l'approche la plus facile, la plus économique et la plus accessible aux ménages disposant de

ressources limitées pour conserver les fruits et les légumes de saison (**Maseko et al., 2019**).

Cette étude a comparé l'efficacité des techniques de séchage au soleil et aux micro-ondes. Le matériau séché au soleil a été appliqué entre 18 et 25°C. Différentes puissances, allant de 10W à 100W, ont été utilisées pour le séchage par micro-ondes. L'objectif de l'expérience était d'étudier comment ces puissances et ces techniques de séchage affectaient les propriétés de séchage et la qualité de l'oignon.

II.2.1. Impact de séchage au soleil et aux microondes sur la teneur en eau

La variation de la teneur en eau des tranches d'oignons au cours de leur séchage au soleil et aux micro-ondes a été exprimée en fonction du temps de séchage. Selon le graphique donné, la teneur en eau des tranches d'oignons a varié entre 92% et 53% pendant le séchage au soleil, et entre 92% et 7,50% pendant le séchage aux microondes. Ces variations montrent les différences d'efficacité et de rapidité entre les deux méthodes de séchage (**Fig.5**).

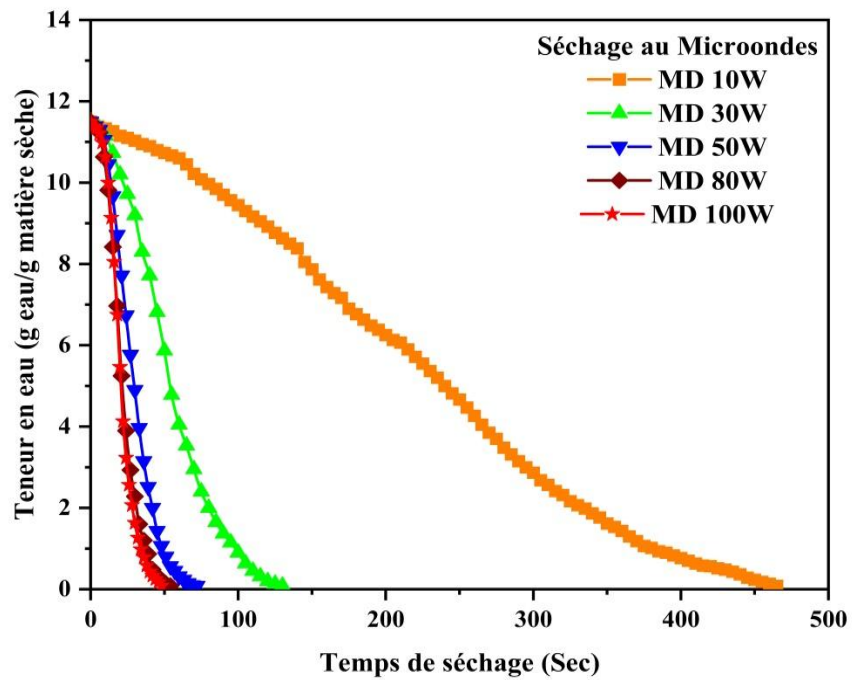
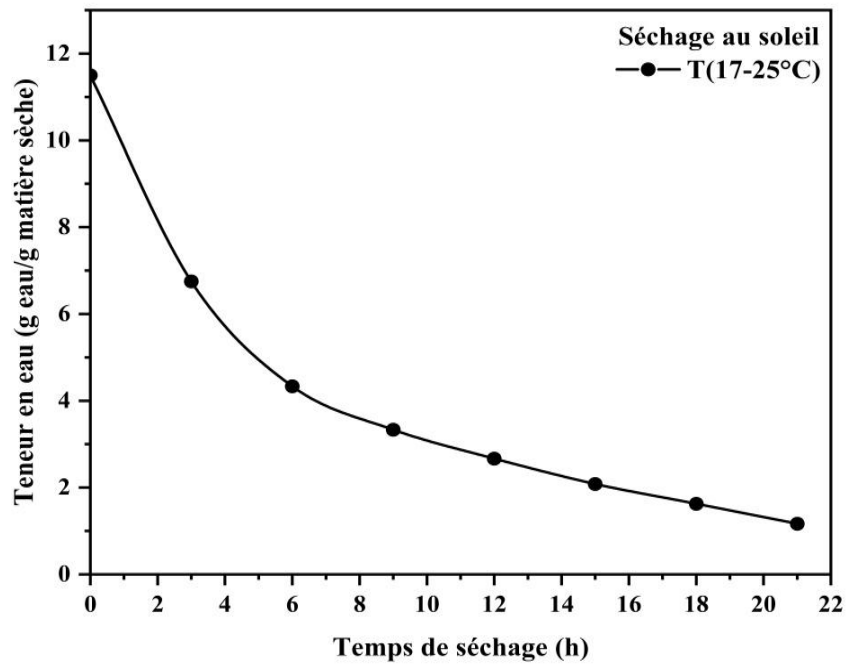


Figure 5: Teneur en eau de l'oignon séché au soleil et aux microondes en fonction du temps de séchage.

Selon l'analyse des chiffres et comme indiqué par **Bourkhiss *et al.* (2009)** la teneur en eau (TE) diminue progressivement et s'approche finalement d'une valeur presque constante pour les deux modes de séchage.

Les tranches d'oignon ont une teneur en eau d'environ 93% lorsqu'elles commencent à sécher. Au cours du séchage au soleil, cette teneur en eau diminue progressivement avec augmentation de la température du produit augmente jusqu'à 25°C en 27 heures. Comme il dépend de facteurs externes tels que la circulation de l'air, l'humidité et la température ambiante (18-25°C), le processus est plus long (**Fig.5**).

En revanche, le séchage par micro-ondes chauffe les tranches d'oignon de l'intérieur à l'aide d'ondes électromagnétiques, ce qui accélère l'évaporation de l'eau. Selon la puissance utilisée (10W à 100W), Plus la puissance est élevée, plus le temps de séchage est court. Pour une puissance de 100W, le temps de séchage minimum était de 48 secondes et le temps de séchage maximum était de 465 secondes pour puissance 10W, le TE peut descendre jusqu'à 7,50% avec cette approche, et les niveaux d'humidité sont pratiquement les mêmes. Comme les microondes pénètrent directement dans le textile et chauffent l'eau qu'il contient, cette technique permet un séchage plus rapide et plus uniforme (**Fig.5**).

Lorsque le TE est pratiquement constant, la majeure partie de l'eau libre s'est évaporée et est fermement liée aux structures internes de l'oignon, ce qui nécessite plus de temps et d'énergie pour l'éliminer. Comparé au séchage par microondes, le séchage solaire nécessite un temps beaucoup plus long pour atteindre cette phase stable.

L'analyse des techniques de séchage révèle que le séchage par microondes est plus efficace que le séchage au soleil. Selon les expériences de **Zhang *et al.* (2006)**, le séchage des produits alimentaires dans un séchage aux micro-ondes nécessite globalement moins d'énergie et accélère le processus de déshydratation par microondes permet une déshydratation rapide et régulière, contrairement au séchage par soleil, qui nécessite plus de temps et dépend de l'environnement.

II.2.2. Impact de séchage au soleil et aux microondes sur le taux d'humidité

Les graphiques montrent comment les tranches d'oignon se déshydratent au fil du temps lorsque différentes puissances de séchage par micro-ondes (10W, 30W, 50W, 80W et 100 W) sont appliquées, ainsi que lorsqu'elles sont séchées au soleil (**Fig.6**).

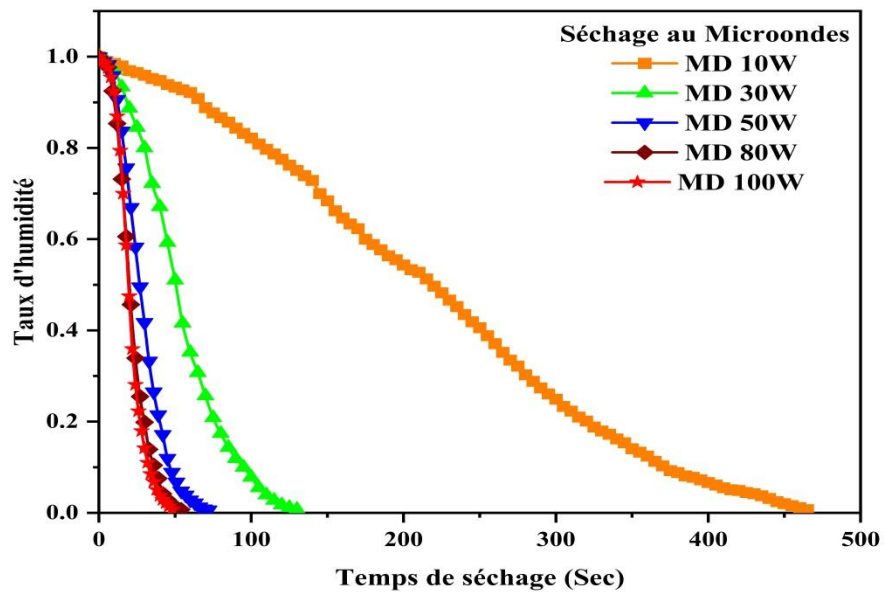
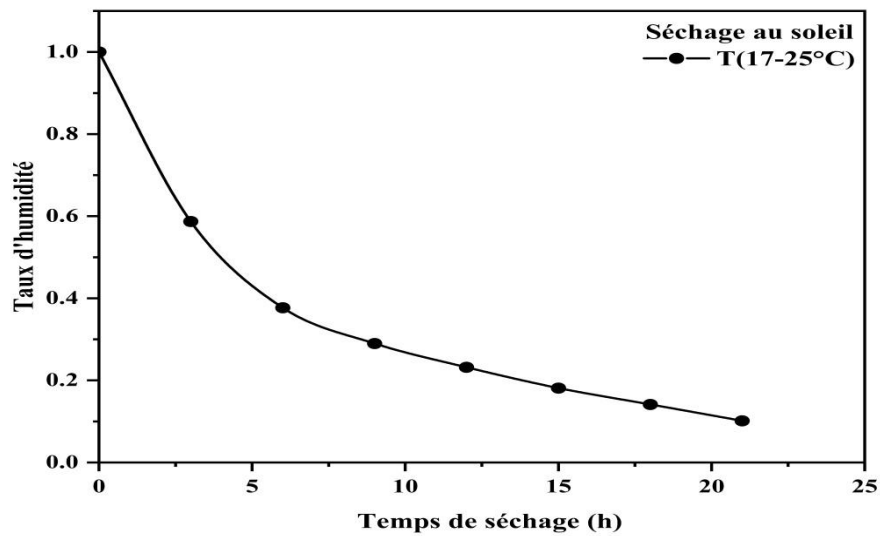


Figure 6: Taux d'humidité de l'oignon séché au soleil et aux microondes en fonction du temps de séchage.

Lorsque l'eau libre s'évapore de la surface pendant le séchage au soleil, l'humidité diminue d'abord assez rapidement. La vitesse de séchage diminue lorsque l'eau capillaire du produit commence à remonter à la surface (**Fig.6**).

Les résultats montrent que la perte d'eau est plus rapide à puissance 100W, 80W, 50W et 30W qu'à 10W. Le séchage par microondes permet une diminution rapide de l'humidité, similaire au séchage au soleil mais à une intensité plus élevée. Cette constatation démontre l'efficacité de la méthode de séchage par micro-ondes, qui stimule rapidement les molécules d'eau grâce à l'activation des microondes, favorisant ainsi l'évaporation (**Fig.6**). Cette conclusion corrobore les résultats de **Zarein et al. (2015)**, qui ont constaté que l'efficacité du séchage est améliorée en augmentant la puissance des micro-ondes lorsqu'il s'agit de pommes. L'énergie supplémentaire fournie peut être attribuée à des taux de déshydratation plus rapides à des énergies plus élevées, ce qui accélère le processus de séchage.

Le taux de diminution de l'humidité augmente progressivement au fur et à mesure que les microondes pénètrent dans le produit et chauffent uniformément l'eau qu'il contient.

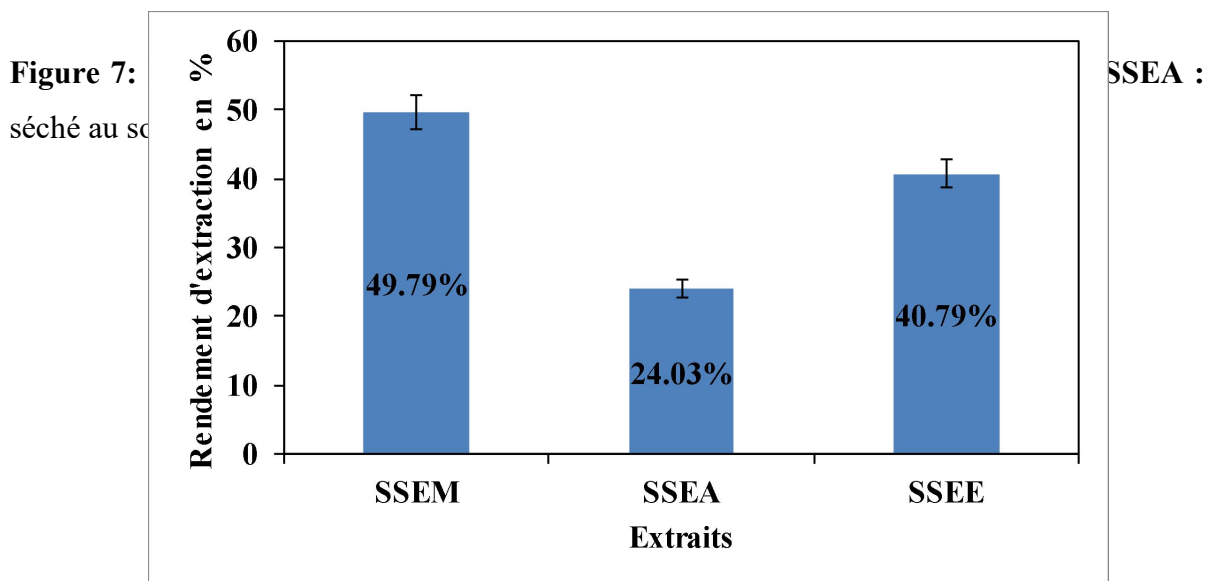
Selon **Yildiz et İzli. (2019)**, pendant le séchage, l'énergie des microondes est rapidement absorbée par les molécules d'eau, ce qui entraîne une évaporation rapide de l'eau et une réduction considérable du temps de séchage, et l'augmentation de la vitesse de séchage des tranches de pomelo.

II.3. Analyse quantitative

II.3.1. Rendements des extractions

II.3.1.1. Macération

La **Figure 7** présente les rendements d'extraction obtenus par macération d'oignons séchés au soleil. Les rendements sont exprimés en pourcentage de la masse (%).



Si l'on compare le rendement au poids total du broyat, trois grammes de matière végétale en poudre séchés au soleil, on constate que l'extrait méthanolique donne un rendement de 49.79%, l'extrait éthanolique de 40.79% et l'extrait aqueux de 24.03% (**Fig.7**).

On observe que l'extrait méthanolique est plus performant que l'extrait éthanolique en termes de rendement, l'extrait aqueux étant le moins performant.

Grâce à ces résultats, le solvant méthanolique a été choisi pour doser les composants bioactives et déterminer l'activité antioxydante des oignons.

II.3.2. Taux de cendres

La mesure de la teneur en cendres, est une technique d'essai permettant de déterminer la quantité de matière minérale inorganique contenue dans un échantillon. Pour éliminer tout composant organique, l'échantillon est brûlé à haute température. Une mesure et une expression de la quantité de cendres restantes par rapport au poids initial de l'échantillon sont effectuées.

La **figure 8** représente la teneur en cendres des oignons frais, séchés aux microondes et au soleil.

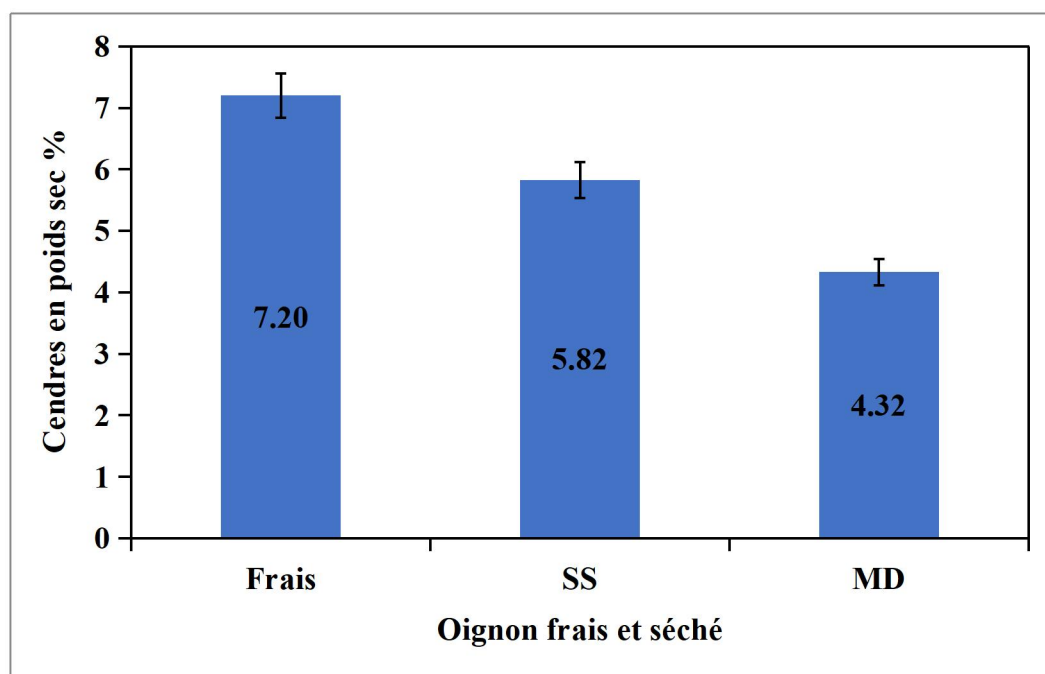


Figure 8: Teneurs en cendres de l'oignon frais et séché aux microondes (MD) et au soleil (SS).

Les résultats indiquent que les oignons frais peuvent être une source importante de minéraux, avec une teneur en cendres de 7,20% de la matière sèche (**Fig.8**). **Conaty et al. (2017)** ont rapporté des teneurs en cendres allant de 2,5% à 6,6% dans la matière sèche de plusieurs cultivars d'oignons.

Une réduction significative de la teneur en cendres a été observée après le séchage, avec une moyenne de 5,82% dans la matière sèche pour les oignons séchés au soleil et de 4,32% dans la matière sèche pour les oignons séchés au four à micro-ondes (**Fig.8**).

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par **Clarisse *et al.* (2020)**, qui ont rapporté une teneur en cendres de 5,19% de la matière sèche des oignons frais, diminuant à 2,96% de la matière sèche après séchage. Lors du séchage, l'eau et les composés volatils présents dans l'aliment s'évaporent. Cela peut donner l'impression que la teneur en cendres augmente, car la quantité de matière inorganique (cendres) reste la même alors que le poids total de l'aliment diminue.

II.4. Analyse chimique

II.4.1. Impact de séchage sur le dosage des polyphénols totaux

La **figure 9** montre la teneur totale en polyphénols d'oignon frais et séchés au soleil et aux microondes.

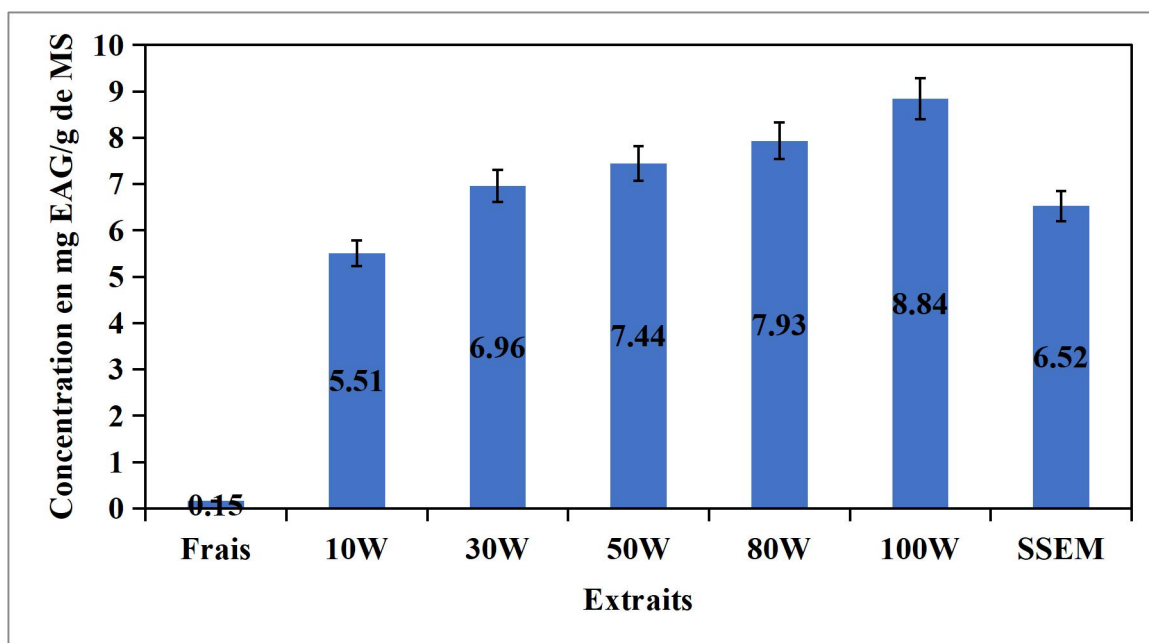


Figure 9: Teneurs en polyphénols des extraits de l'oignon frais et séché aux microondes (10W, 30W, 50W, 80W, 100W) et au soleil (SSEM).

Les résultats ont démontré qu'il y avait des différences notables dans le contenu phénolique total parmi les divers extraits d'oignon (**Fig.9**). La quantité de polyphénols dans les oignons frais a été déterminée à 15,85 mg/100g de matière fraîche.

Les résultats indiquent qu'il existe une différence considérable dans la teneur en fonction de la méthode de séchage (micro-ondes ou soleil). Le séchage par micro-ondes a produit la quantité la plus élevée (884,66 mgEAG/100g MS), tandis que le séchage au soleil a produit une valeur moins faible (652,72 mg EAG/100g MS).

Les oignons qui ont été séchés aux microondes dans les puissances 10 à 100 W ont montré une augmentation de la concentration des composés phénoliques, la teneur en composés phénoliques la plus élevée à 100 W (884,66 mg EAG/100 g MS) et la plus faible à 10 W (551,05 mg EAG/100 g MS). Cette augmentation est due à la libération des composés phénoliques par le four à micro-ondes. **(Fig.9)**.

La **figure 9** montre une différence significative entre les teneurs en polyphénols totaux en fonction de la température de séchage.

Selon une étude antérieure d'**Arab et al. (2014)**, sur des feuilles de *Pistacia lentiscus* séchées, les composés phénoliques sont préservés à des niveaux de puissance inférieurs à 300W.

Saha et al. (2019), ont constaté que le séchage de l'épi de maïs par microondes à 130W fournissait le TPC le plus élevé; tandis que le séchage avec 600W et 900W entraînait la diminution des composés phénoliques et de l'activité antioxydante.

II.4.2. Impact de séchage sur le dosage des flavonoïdes totaux

La **figure 10** montre la teneur totale en flavonoïdes d'oignon frais et séchés au soleil et aux microondes.

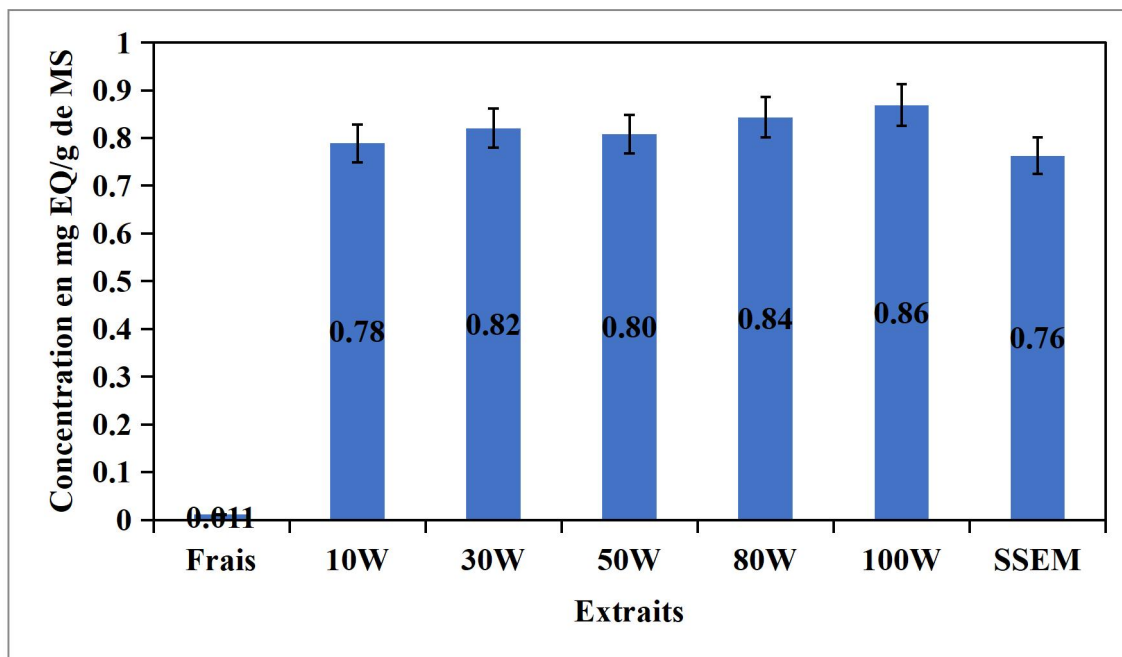


Figure 10: Teneurs en flavonoïdes des extraits de l'oignon frais et séché aux microondes (10W, 30W, 50W, 80W, 100W) et au soleil (SSEM).

La **figure 10** montre que l'oignon frais a une teneur en flavonoïdes relativement faible, estimée à 1,10 mg/100 g de matière fraîche et que la teneur en flavonoïdes des oignons est maintenue à une puissance de 100W, avec des variations allant de 78,87 mg EQ/100g MS (10W) à 86,87 mg EQ/100g MS (100W).

Les résultats démontrent que la puissance de séchage a un impact substantiel sur la concentration en flavonoïdes. **Chang et al. (2014)** ont confirmé que la teneur en flavonoïdes est considérablement augmentée après leurs traitements aux micro-ondes. La teneur en flavonoïdes de l'extrait séché au soleil, qui a été mesurée avec précision à 76,27 mgEQ/100 g MS,

Cependant, il était évident que la procédure de séchage par microondes était meilleure, en particulier pour les dosages plus importants. Cela s'explique par le fait que l'utilisation des micro-ondes au lieu du séchage au soleil typique préserve les composants actifs et réduit la perte de flavonoïdes (**Śledź et al., 2013**).

II.4.3. Impact de séchage sur le dosage des caroténoïdes

Les pigments connus sous le nom de caroténoïdes sont solubles dans les solvants organiques tels que l'acétone et le chloroforme, mais insolubles dans l'eau. Deux phases ont été utilisées dans cette étude : une phase polaire (éthanol/acétone) a été utilisée pour

éliminer les substances chimiques hydrophiles, notamment les flavonoïdes et les polyphénols, tandis qu'une phase apolaire (hexane) a été utilisée pour extraire les caroténoïdes.

La **figure 11** montre la teneur totale en caroténoïdes d'oignon frais et séchés au soleil et aux microondes.

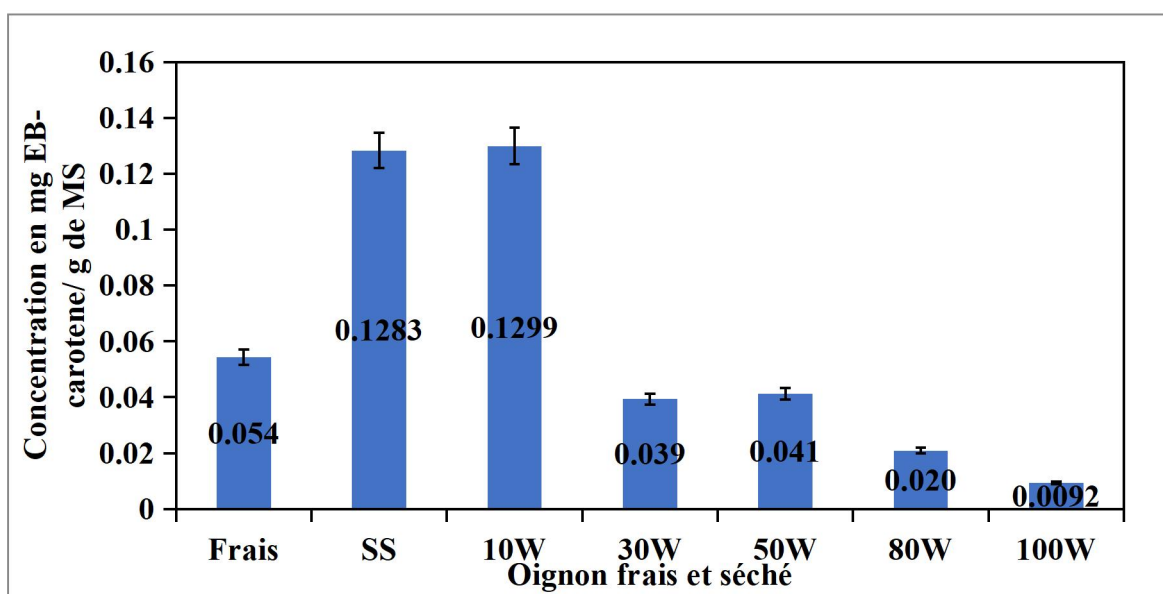


Figure 11: Teneurs en caroténoïdes de l'oignon frais et séché aux microondes (10W, 30W, 50W, 80W, 100W) et au soleil (SS).

Les oignons frais ont une teneur en caroténoïdes de 0,054 mg/g. Cependant, lorsque l'oignon est séché au soleil, sa teneur augmente de manière significative pour atteindre 0,128 mg/g. A l'inverse, avec une puissance de 10W et 100W, respectivement, la concentration en caroténoïdes change lors du séchage par micro-ondes, passant de 0,129 mg/g à 0,009 mg/g. Le séchage a donc un effet considérable sur la teneur en caroténoïdes (Fig.11).

Nous avons constaté que la concentration la plus élevée des caroténoïdes est obtenue lors du séchage au micro-onde à une puissance minimale de 10W. Cela s'explique par le fait que les caroténoïdes sont préservés et que leur dégradation est minimisée par le processus de séchage à basse température et à faible puissance. C'est probablement en raison de la chaleur supplémentaire produite que la concentration de caroténoïdes diminue lorsque la puissance passe de 30W à 100W.

En outre, **Kultys et Marcin. (2022)** ont souligné que la teneur en caroténoïdes des plantes est influencée par l'âge, la génétique et les conditions environnementales (telles que la lumière et la température). L'oxydation est la principale cause de perte de caroténoïdes à la suite d'une manipulation, d'un stockage ou d'une transformation inadéquats.

Néanmoins, l'utilisation des microondes présente l'avantage de réduire le temps de séchage par rapport à d'autres approches, ce qui peut atténuer cette détérioration. Ces nutriments sont préservés grâce à un séchage rapide et peu énergivore.

II.4.4. Activité antioxydante

II.4.4.1. Test de blanchissement du β - carotène

La **figure 12** montre la cinétique de blanchiment du β -carotène d'oignon frais et séché au soleil et aux microondes (10W, 30W, 50W, 80W et 100W) avec et sans extraits et antioxydant standard (BHT).

Les résultats ont montré que le BHT et tous les extraits testés inhibaient significativement, la double oxydation de l'acide linoléique et du β -carotène par rapport au contrôle positif. (**fig.12**).

L'extrait éthanolique a montré la plus grande activité inhibitrice estimée à 53,07%, mais la valeur de cette activité était significativement inférieure à celle du contrôle positif (BHT), qui a une activité inhibitrice de 100 %. L'extrait méthanolique a montré une activité inhibitrice estimée à 53,01 %, suivi l'extrait éthanolique avec 51,07 %. L'extrait aqueux avec 51,06% le dernier extrait le moins actif (**fig.13**). Ces résultats sont très proches de ceux de l'extrait éthanolique, ce qui suggère que les solvants méthanol et éthanol extraits des composés similaires responsables de l'activité antioxydante. L'extrait aqueux, bien qu'étant le moins actif des trois, montre toujours une activité inhibitrice significative de 51,06 %, ce qui n'est pas négligeable. **Haddadi. (2005)** affirme que la concentration et le type liposoluble ou hydrosoluble des antioxydants semblent réguler les effets de l'inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique.

Nous constatons également que l'activité inhibitrice de séchage des microondes varie de 52,41 à 53,97% et que celle du séchage au soleil est estimée à 53,01%. Les résultats de notre étude montrent que le séchage au soleil ou aux microondes n'a pas d'effet significatif sur l'activité antioxydante du B-carotène. Ces résultats suggèrent que les deux

méthodes peuvent être similaires en termes de maintien de l'activité antioxydante dans certaines conditions (Koca et Metin, 2010).

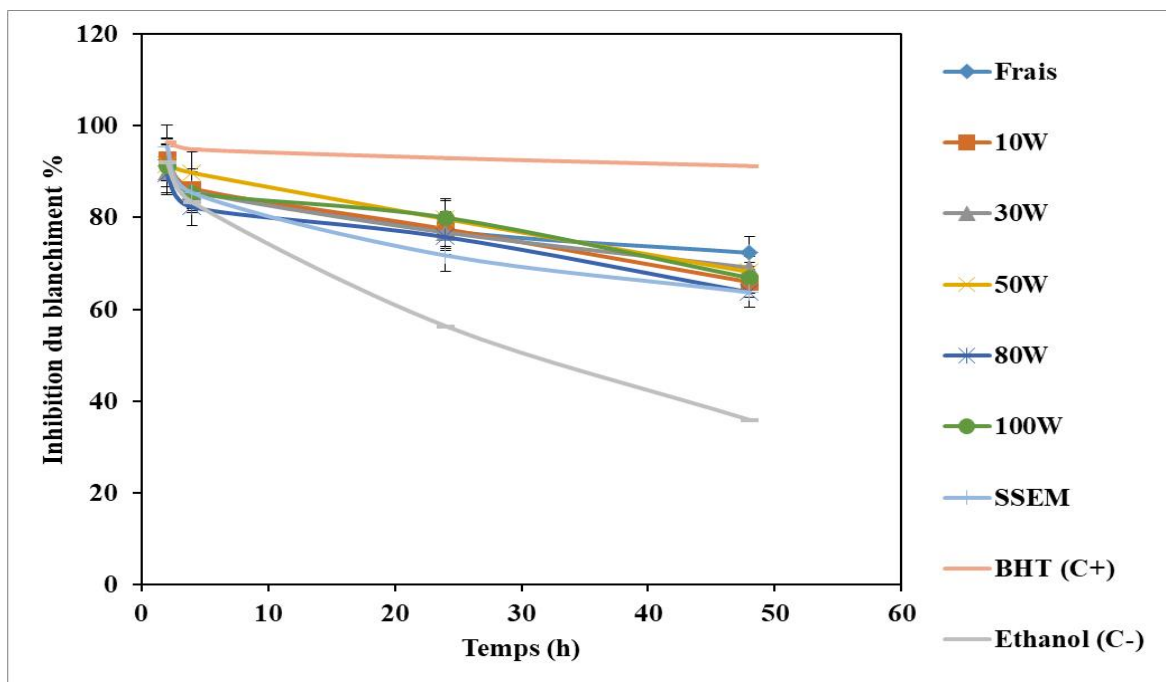


Figure 12: Cinétique de blanchissement du β - carotène en absence et en présence des extraits de l'oignon frais et séché au soleil (SSEM) et aux microondes (10W, 30W, 50W, 80W et 100W), BHT C (+) et l'éthanol C (-).

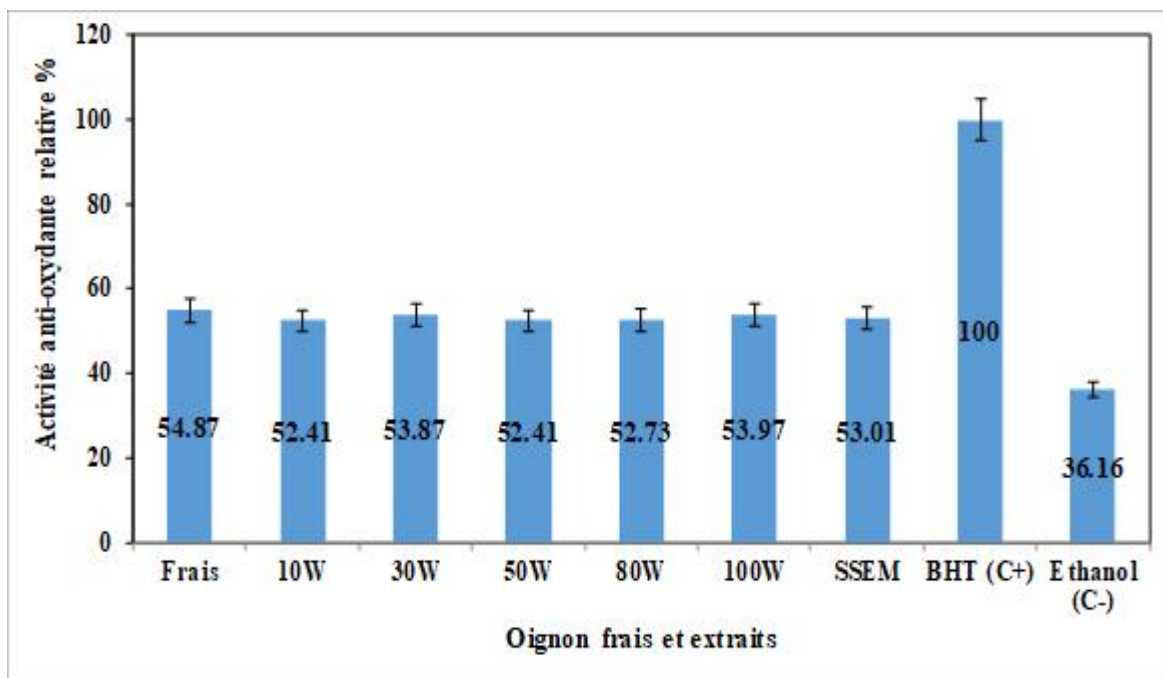


Figure 13: Activité anti-oxydante relative de l'oignon frais et séché au soleil (SSEM) et aux microondes (10W, 30W, 50W, 80W et 100W), BHT C (+) et l'éthanol C (-) après 48 h.

II.4.4.2. Test au DPPH

La technique du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) offre une activité anti-radicalaire et est largement utilisée en raison de sa facilité d'emploi. La forme non radical DPPH-H est formée par la réduction d'une solution alcoolique de DPPH avec un antioxydant qui apporte un électron ou un hydrogène (Bortolomeazzi *et al.*, 2007).

La **figure 14** montre les pourcentages d'inhibition du radical DPPH d'oignon séchés au soleil et aux microondes.

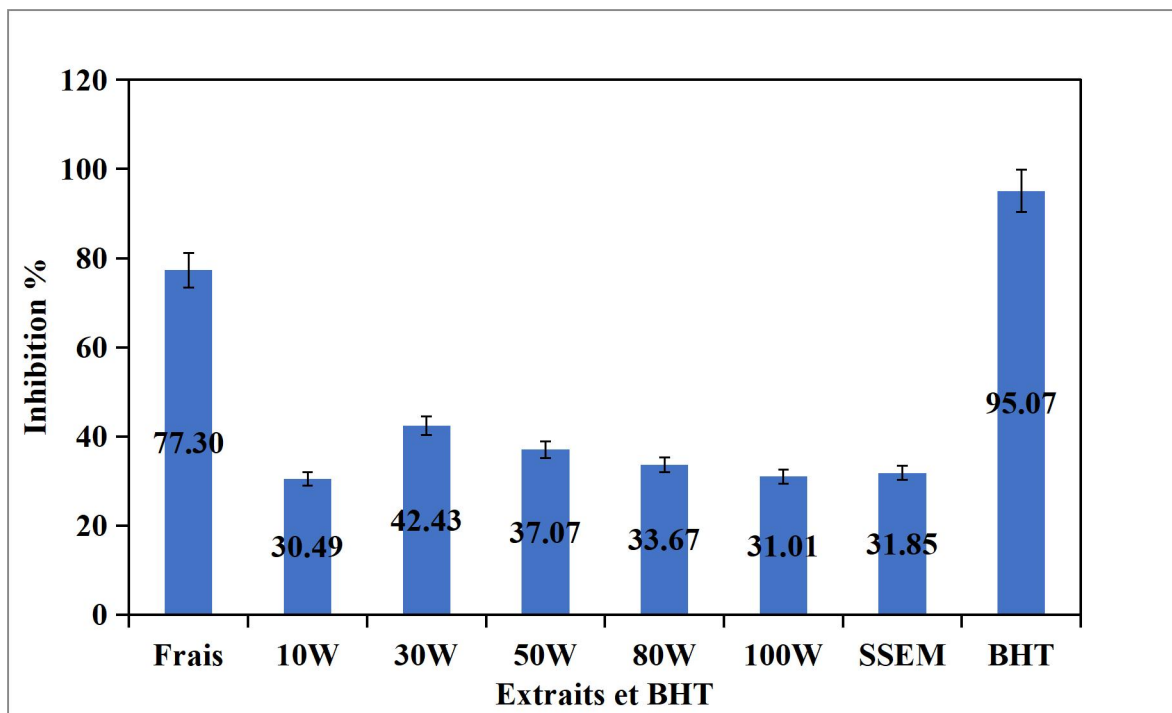


Figure 14: les pourcentages d'inhibition du radical DPPH de l'oignon frais et séché au soleil (SSEM), aux microondes (10W, 30W, 50W, 80W et 100W) et BHT.

Ces résultats montrent que les oignons frais présentent un taux d'inhibition de l'activité oxydative plus élevé que les oignons secs. L'extrait d'oignon frais a montré une plus grande activité antioxydante en termes d'inhibition de la peroxydation lipidique et de piégeage des radicaux libres dans l'étude de **Nuutila et al. (2003)**.

L'activité de piégeage des radicaux libres (DPPH) des oignons séchés aux microondes, qui varie de 30,49% (10W) à 31,01% (100W), varie de manière significative en fonction de la puissance de séchage. Le séchage au soleil a produit un pourcentage d'inhibition des radicaux libres de 31,14%, ce qui est à peu près la moyenne par rapport aux valeurs obtenues par le séchage aux microondes à des niveaux de puissance de 10W et 100W (**Fig.14**). Les résultats montrent que l'activité de piégeage des radicaux libres DPPH varie de manière significative avec la température de séchage.

CONCLUSION

Conclusion

À travers notre étude, nous avons tenté d'apporter une modeste contribution sur l'effet du séchage aux microondes et au soleil sur la qualité de l'oignon. Nous avons suivis l'effet du chauffage sur les composés bioactifs d'oignon à savoir les composés phénoliques, les flavonoïdes, les caroténoïdes ainsi que l'activité antioxydante. Pour cela nous avons procédé au dosage de ces composés dans les poudres de l'oignon séchées à différentes puissances (10W, 30W, 50W, 80W et 100 W.), et au soleil.

Les résultats montrent que le séchage par micro-ondes est plus efficace et plus rapide pour éliminer l'humidité que le séchage au soleil, grâce à la capacité des micro-ondes à générer de la chaleur interne, accélérant ainsi l'évaporation de l'eau. Contrairement au séchage au soleil, qui dépend des conditions environnementales, le séchage par micro-ondes permet un contrôle précis des conditions, garantissant un séchage uniforme et rapide.

Enfin, à travers cette modeste étude, nous souhaitons vivement que la consommation ainsi que la commercialisation des préparations à base des plantes dites médicinales devienne une culture de vie pour profiter des bienfaits de ces plantes.

La dessiccation par micro-ondes offre des avantages notables, notamment un temps de séchage réduit et une meilleure préservation des nutriments et des arômes. Pour l'avenir, il est essentiel d'optimiser les paramètres de séchage et d'explorer l'intégration de cette technologie à l'échelle industrielle. De plus, la combinaison avec d'autres méthodes pourrait encore améliorer les résultats. En somme, cette technique prometteuse mérite une attention continue pour ses innovations potentielles dans l'industrie agroalimentaire.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abedini, A. (2013). Evaluation biologique et phytochimique des substances naturelles d'*Hyptis atrorubens* Poit. (*Lamiaceae*), sélectionnée par un criblage d'extraits de 42 plantes (Doctoral dissertation, Université du Droit et de la Santé-Lille II). p201.

Andissa, N. O., Mankele, R. A., Miguel, M. L., MOUNIANI, S. L., et Abena, A. A. (2022). Evaluation de l'activité antibactérienne de trois plantes potagères utilisées au Congo. *Pharmacopée et médecine traditionnelle africaine*, **21(1)**, 1-8.

Antimicrobial and Antioxidant Activity of Essential Oils and Phenolic Compounds of *Pistacia Lentiscus*. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, **6**, 77-91.

AOAC method n° 24.035. (1970). Official methods of analysis agricultural chemicals. The United States of America. Published by the *Association of official analytical chemist inc.*

AOAC method n° 934.06. (2000). Official methods of analysis agricultural chemicals. The United States of America. Published by the *Association of official analytical chemist inc.*

Arab K., Bouchenak O. Yahiaoui K., (2014). Phytochemical Study and Evaluation of the

Asioli, D., Rocha, C., Wongprawmas, R., Popa, M., Gogus, F., et Almlı, V. L. (2019). Microwave-dried or air-dried? Consumers' stated preferences and attitudes for organic dried strawberries. A multi-country investigation in Europe. *Food Research International*, **120**, 763-775.

Athamena, S., Chalghem, I., Kassah-Laouar, A., Laroui, S., et Khebri, S. (2010). Activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits de *Cuminum cyminum* L. *Lebanese science journal*, **11(1)**, 69-81.

Bortolomeazzi R., Sebastianutto N., Toniolo R., et Pizzariello A. (2007). Comparative evaluation of the antioxidant capacity of smoke flavouring phenols by crocin bleaching inhibition, DPPH radical scavenging, and oxidation potential. *Food Chemistry* **100(4)**, 1481–1489.

Boulemtafes-Boukadoum, A., et Benzaoui, A. (2011). Energy and exergy analysis of solar drying process of Mint. *Energy Procedia*, **6**, 583-591.

- Bourkhiss M., Hnach M., Bourkhiss B., et Choukrad M. (2009).** Drying kinetics and modeling of thin layer solar drying of Moroccan tomato. *Journal of Food Process Engineering*, **32**, 28-43.
- Chandra, S., Khan, S., Avula, B., Lata, H., Yang, M. H., ElSohly, M. A., et Khan, I. A. (2014).** Assessment of total phenolic and flavonoid content, antioxidant properties, and yield of aeroponically and conventionally grown leafy vegetables and fruit crops. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2014(1)**, 253-875.
- Chandrasekaran S., Ramanathan S., et Basak T. (2013).** Microwave food processing A review. *Food Research International*, **52**, 243–261.
- Chatha S. A. S., Anwar F., Manzoor M., et Bajwa J. R. (2006).** Evaluation of the antioxidant activity of rice bran extracts using different antioxidant assays. *Grasas y Aceites*, **57(4)**, 328-335.
- Clarisse B., Goyet V., et Delvaux B. (2020).** Influence de la méthode de conservation sur la composition des aliments: cas de l'oignon (*Allium cepa* L.). *European Journal of Medicinal Plants*, **31**, 1-15.
- Compaore, C. S., Compaore, H., Inoussa, G. O., et Sawadogo-Lingan, H. (2020).** Impact du prétraitement au sel (NaCl) et du séchage sur les caractéristiques nutritionnelles et microbiologiques de l'oignon bulbe. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **14(3)**, 685-697.
- Conaty J. E., Toivonen P. M. A., et Drury C. F. (2017).** Nutrient management for onion crops in Ontario. *Canadian Journal of Soil Science*, **97**, 61-73.
- Cowan, M. M. (1999).** Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, **12(4)**, 564-582.
- Daniel C., Schärer H.-J., et Cahenzli F. (2016).** Influence de certains produits minéraux sur la vinification. *Institut de recherche de l'agriculture biologique, FiBL. Switzerland*. 2-7.
- De Bon, H., et Ba, M. L. (1992).** La culture de l'oignon dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. *Onion Newsletter for the Tropics*, **(4)**, 6-10.

- Frankel E. N., et Meyer A. S. (2000).** The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **80(13)**, 1925-1941.
- Fritsch, R. M., Friesen, N. (2002).** Evolution, domestication and taxonomy. *Allium crop science: recent advances*, 5-30.
- Gupta, P., Kumar, A., et Singh, S. (2013).** Optimization of solvent extraction of phenolic compounds from tulsi (*Ocimum sanctum*) leaves using response surface methodology. *Food Chemistry*, **136(3)**, 1163-1171.
- Haddadi, H. (2005).** Détermination de l'activité antioxydante de quelques fruits. Doctoral dissertation, Université Abderrahmane Mira. Faculté des Sciences de la nature et de la vie. Béjaia, Algérie.
- Hamdini, S., (2009).** La culture d'oignon. Doctoral dissertation, Université de Sidi Med Ben Abdellah. Fès. Maroc, p40.
- Jaramillo-Flores, M. E., González-Cruz, L., Cornejo-Mazon, M., Dorantes-Alvarez, L., Gutierrez-Lopez, G. F., et Hernandez-Sanchez, H. (2003).** Effect of thermal treatment on the antioxidant activity and content of carotenoids and phenolic compounds of cactus pear cladodes (*Opuntia ficus-indica*). *Food science and technology international*, **9(4)**, 271-278.
- Koca N., et Metin M. (2010).** The effect of drying methods on the functional properties of green tea. *LWT - Food Science and Technology*, **43(8)**, 1379-1385.
- Konate, M., Parkouda, C., Tarpaga, V., Guira, F., Rouamba, A., et Sawadogo-Lingani, H. (2017).** Evaluation des potentialités nutritives et l'aptitude à la conservation de onze variétés d'oignon (*Allium cepa* L.) bulbe introduites au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **11(5)**, 2005-2015.
- Kuete V. (2017).** "Chapter 14 - *Allium Cepa*." In Medicinal Spices and Vegetables from Africa. *Academic Press*. 61-353.
- Kultys E., et Kurek M. A. (2022).** Green extraction of carotenoids from fruit and vegetable byproducts. *Molecules*, **27(2)**, 518.
- Lakehal R., et Taleb H.A.(2020).** Optimisation du séchage par microonde par modèles mathématiques des ombellifères. Université mohammed el bachir el ibrahimi.

- Lopes-Lutz D., Alviano D. S., Alviano C. S., et Kolodziejczyk P. P. (2008).** Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. *Phytochemistry*, **69(8)**, 1732-1738.
- Marefati N., Ghorani V., Shakeri F., Boskabady M., Kianian F., Rezaee R., et Boskabady M. H. (2021).** A review of anti-inflammatory, antioxidant, and immunomodulatory effects of *Allium cepa* and its main constituents *Pharmaceutical Biology*, **59**, 287-302.
- Marrelli M., Amodeo V., Statti G., et Conforti F. (2018).** Biological properties and bioactive components of *Allium cepa* L.: Focus on potential benefits in the treatment of obesity and related comorbidities. *Molecules*, **24(1)**, 119
- Maseko S. T., Mphahlele R. R., Fawole O. A., et Opara U. L. (2019).** Drying kinetics of pomegranate fruit peels (cv. Wonderful). *Journal of Food Science and Technology*, **56**, 1861-1868.
- Mdziniso P., Hinds M. J., Bellmer D. D., Brown B., et Payton M. E. (2006).** Physical quality and carotene content of solar-dried green leafy and yellow succulent vegetables. *Plant Foods for Human Nutrition*, **61(1)**, 12–20.
- Métailié, G. (2000).** Origine des légumes en Chine. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, **42(1)**, 165-186.
- Mota, C. L., Luciano, C., Dias, A., Barroca, M. J., et Guiné, R. P. F. (2010).** Convective drying of onion: Kinetics and nutritional evaluation. *Food and bioproducts processing*, **88(2-3)**, 115-123.
- Nuutila A. M., Puupponen-Pimiä R., Aarni M., et Oksman-Caldentey K. M. (2003).** Comparison of antioxidant activities of onion and garlic extracts by inhibition of lipid peroxidation and radical scavenging activity. *Food Chemistry*, **81(4)**, 485–493.
- Ormsby, M., et Pottinger, B. (2009).** Import Risk Analysis: Onion (*Allium cepa* Liliaceae) Fresh Bulbs for Consumption from China. *Ministry of Agriculture and Forestry Te. Manatu Ahuwhenua, Ngaherehere* **12**, 273.
- Ouedraogo R. A., Koala M., Dabire C., Hema A., Bazie V. B. E. J. T., Outtara L. P., Gnoula C., Pale E., et Nebie R. H. C. (2015).** Teneur en phénols totaux et activité antioxydante des extraits des trois principales variétés d'oignons (*Allium cepa* L.) cultivées

dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9**, 281.

Rabiou Abdou. (2014). Caractérisation de la diversité génétique de cultivars d'oignon (*Allium cepa* L.) du Niger en vue de leur conservation in situ et de leur amélioration. Thèse de doctorat. Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech, p151.

Rabiou, A., Bakasso, Y., Adam, T., Saadou, M., et Baudoin, J. P. (2015). Biologie, diversité et outils pour l'analyse de la diversité génétique de l'oignon, *Allium cepa* L. (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, **19(2)**. 184-196.

Ribéreau-Gayon J, Peynaud m, Ribéreau-Gayon P et Sudraud P. Sciences et techniques du vin. Tome 1, analyse et contrôle des vins. Ed. *Dunod*, Paris, 1972, p 671.

Ricard, R. (1968). Cebolla et patata. *Bulletin hispanique*, **70(1)**, 104-105.

Romdhane K. (2015). Le Séchage. Sciences et Technologies, Université de Lille. France.p1-20.

Saha S. K., Dey S., et Chakraborty R. (2019). Effect of microwave power on drying kinetics, structure, color, and antioxidant activities of corncob. *Journal of Food Process Engineering*, **42(4)**, 13021.

Singh R. P., et Heldman D. R. (2001). Introduction to Food Engineering, Third Edition. London UK: *Academic Press*.p659.

Śledź M., Nowacka M., Wiktor A., et Witrowa-Rajchert D. (2013). Selected chemical and physico-chemical properties of microwave-convective dried herbs. *Food and Bioproducts Processing*, **91(4)**, 421–428.

Soto-Zamora, G., Yahia, E. M., Brecht, J. K., & Gardea, A. (2005). Effects of postharvest hot air treatments on the quality and antioxidant levels in tomato fruit. *LWT-Food Science and Technology*, **38(6)**, 657-663.

Tepe B., Sokmen M., Akpulat H. A., & Sokmen A. (2006). Screening of the antioxidant potentials of six *Salvia* species from Turkey. *Food Chemistry*, **95(2)**, 200–204.

Yıkmiş, S., Erdal, B., Bozgeyik, E., Levent, O., et Yinanç, A. (2022). Evaluation of purple onion waste from the perspective of sustainability in gastronomy: Ultrasound-treated vinegar. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, **29**, 100574.

Yildiz, G., & İzli, G. (2019). Influence of microwave and microwave-convective drying on the drying kinetics and quality characteristics of pomelo. *Journal of Food Processing and Preservation*, **43(6)**, e13812.

Zarein M., Samadi S. H., et Ghobadian B. (2015). Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, **14(1)**, 41–47.

Zhang M., Tang J., Mujumdar A. S., et Wang S. (2006). Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, **17(10)**, 524–534.

Annexes

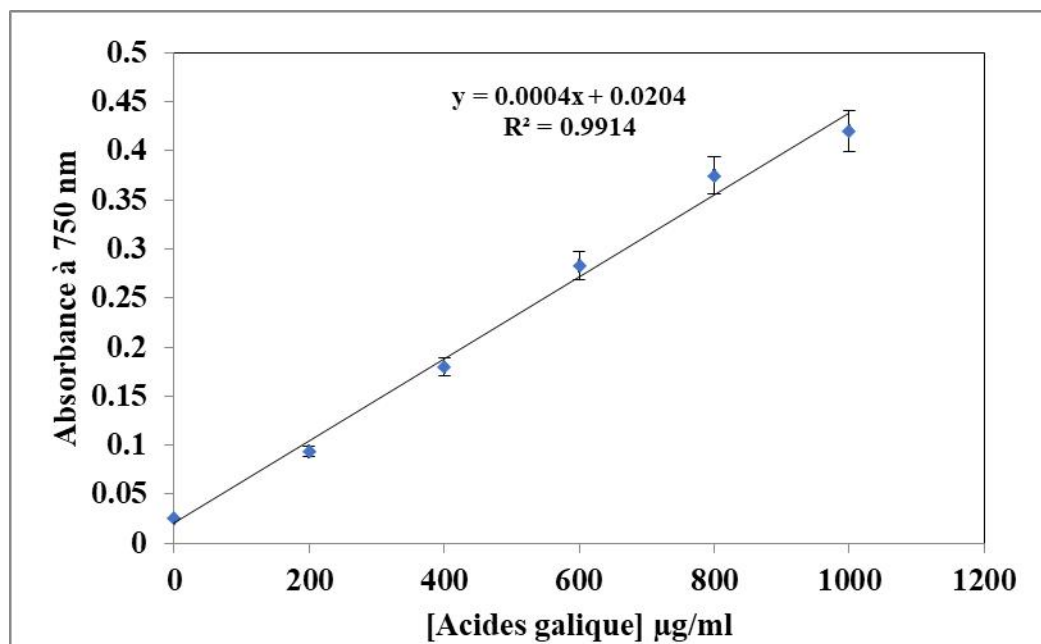
Annexe 1 : Appareils et produits chimiques**Appareillage**

- Microonde (Continental JCM-CKM825D)
- Agitateur magnétique
- Balance analytique
- Etuve
- Four à moufle
- pH mètre
- Spectrophotomètre
- Micropipette
- Vortex

Réactifs

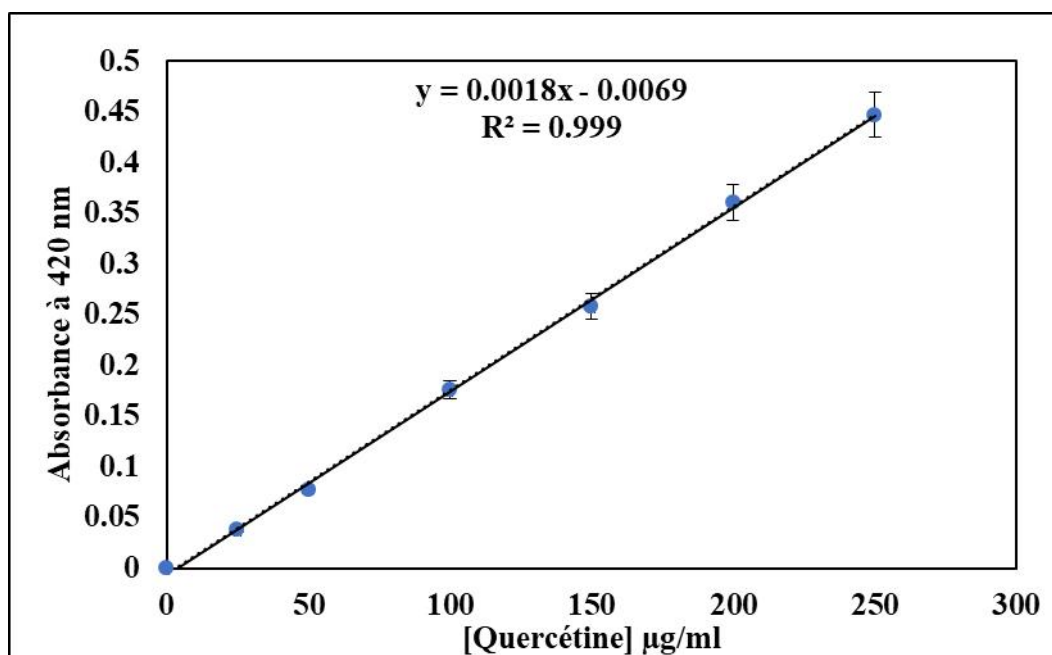
- Réactif de Folin-ciocalteau (Sigma Aldrich).
- Acide Gallique (Sigma).
- Chlorure d'aluminium (Sigma).
- Quercetine (Sigma).
- Tween 40 (Sigma).
- B-carotène (Sigma).
- Acide linoléique (Merck).
- DPPH (Sigma).



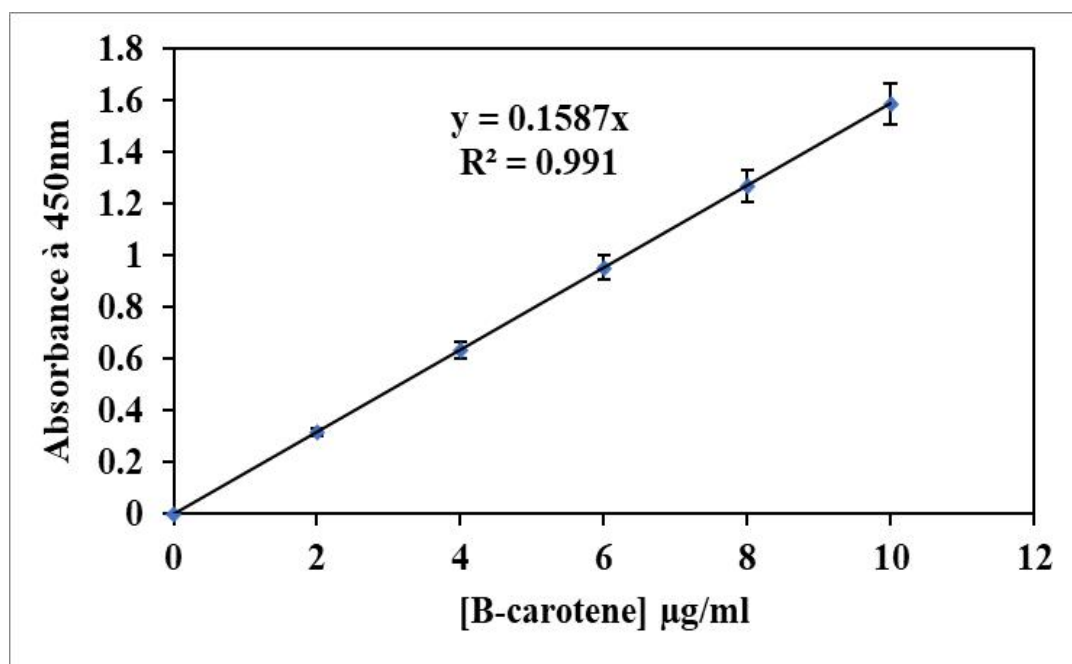


Annexe 3: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux.

Annexe 2: Procédure d'extraction.



Annexe 4: Courbe d'étalonnage de quercétine pour le dosage des flavonoïdes totaux.



Annexe 5: Courbe d'étalonnage de B-carotène pour le dosage des caroténoïdes.

Résumé

Le séchage, l'une des méthodes les plus anciennes de conservation des herbes et des légumes, a fait l'objet de notre étude. Nous avons cherché à évaluer la cinétique de séchage en termes de perte d'eau dans le temps et à étudier l'impact du séchage par micro-ondes et du séchage au soleil sur la qualité phytochimique des oignons. Nous avons analysé la composition physicochimique et l'activité antioxydante des composés extraits dans différentes conditions. L'évaluation quantitative a révélé que les polyphénols totaux atteignaient une concentration de 884,66 mg EAG/100 g, tandis que les flavonoïdes culminaient à 86,87 mg EQQ/100 g, tous deux à une puissance de 100 W. Les caroténoïdes, quant à eux, n'atteignaient pas une concentration supérieure à celle de l'oignon. Il est intéressant de noter que les caroténoïdes ont présenté un comportement contrasté : 12,99 mg d'EB-carotène/100 g à 10 W et seulement 0,92 mg d'EB-carotène/100 g à 100 W. En outre, l'activité anti-radicalaire DPPH était la plus élevée à 30 W (42,43 %). La teneur en β -carotène était optimale à 100 W (53,97 mg EAG/100 g). Dans l'ensemble, le séchage par micro-ondes à 100 W est apparu comme une très bonne méthode pour préserver les phytonutriments de l'oignon, réduisant de manière significative le temps de séchage par rapport au séchage au soleil.

Mots clés : Cinétique de Séchage, Micro-ondes, Polyphénols, Flavonoïdes, DPPH, B-carotène, Oignon.

ملخص

التجفيف، أحد أقدم الطرق التقليدية لحفظ الأعشاب والخضروات، محور دراستنا. كنا نهدف إلى تقييم حركية التجفيف من حيث فقدان الماء بمرور الوقت والتحقيق في تأثير التجفيف بالموجات الدقيقة والتجفيف بالشمس على الجودة الكيميائية النباتية للبصل. قمنا بتحليل التركيب الفيزيائي الكيميائي والنشاط المضاد للأكسدة للمركبات المستخلصة في ظل شروط مختلفة. وكشف التقييم الكمي أن إجمالي البوليفينول وصل إلى تركيز 884.66 ملغ من مادة EAG/100 غ، بينما بلغت مركبات الفلافونويد ذروتها عند 86.87 ملغ من معادل الكمية/100 غ، وكلاهما عند طاقة 100 واط. ومن المثير للاهتمام، أظهرت الكاروتينات سلوكًا متباينًا 12.99 ملغ بيتا-كاروتين/100 غ عند 10 واط و0.92 ملغ بيتا-كاروتين/100 غ فقط عند 100 واط. بالإضافة إلى ذلك، كان نشاط DPPH المضاد للجذور الحرة أعلى عند 30 واط (42.43%). والجدير بالذكر أن محتوى بيتا كاروتين كان الأمثل عند 100 واط (53.97 ملغ بيتا-كاروتين/100 غ). بشكل عام، برز التجفيف بالموجات الدقيقة عند 100 واط كأكثر الطرق فعالية للحفاظ على القيمة الغذائية للبصل، مما قلل بشكل كبير من وقت التجفيف مقارنة بالتجفيف الشمسي.

الكلمات المفتاحية: حركية التجفيف، الموجات الدقيقة، البوليفينول، الفلافونويد، DPPH، بيتا كاروتين، البصل.

Abstract

Drying, one of the oldest methods for preserving herbs and vegetables was the focus of our study. We aimed to evaluate the drying kinetics in terms of water loss over time and investigate the impact of microwave drying and sun drying on the phytochemical quality of onions. We analyzed the physicochemical composition and antioxidant activity of the extracted compounds under various conditions. The quantitative assessment revealed that total polyphenols reached a concentration of 884.66 mg EAG/100 g, while flavonoids peaked at 86.87 mg EQQ/100 g, both at 100 W power. Interestingly, carotenoids exhibited contrasting behavior: 12.99 mg EB-carotene/100 g at 10 W and only 0.92 mg EB-carotene/100 g at 100 W. Additionally, the DPPH anti-free radical activity was highest at 30 W (42.43%). Notably, β -carotene content was optimal at 100 W (53.97 mg EAG/100 g). Overall, microwave drying at 100 W emerged as the most effective method for preserving onion's nutritional value, significantly reducing drying time compared to sun drying.

Keywords: Drying kinetics, Microwave, Polyphenols, Flavonoids, DPPH, B-carotene, Onion.