

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Alimentaires  
Filière : Sciences Biologique  
Spécialité : Sciences alimentaires  
Option : Industrie laitière



Réf : .....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

## **MASTER**

### ***Thème***

**Cinétique de séchage du gingembre, dosage  
des composés phénoliques et préparation  
d'un lait aromatisé au gingembre**

Présenté par :

**Ghoul Nadra & Aouzelag Assia**

Soutenu le : **13 Juin 2016**

Devant le jury composé de :

Mme Hamri Sabrina	MCA	President
Mme Boulekbache-Makhlouf Lila	MCA	Encadreur
Mr. Chikhoun Amirouche	MCB	Examineur
Mme Romeih-cherrat Salima.	Doctorante	Invitée

**Année universitaire : 2015 / 2016**

---

## **Remerciement**

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force, la puissance et la patience pour mener ce travail à bien.

Nos remerciements vont aux membres du jury M<sup>me</sup> Hamri Sabrina et Mr Chikhoun Amirouche pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en jugeant ce travail.

On remercie notre promotrice M<sup>me</sup> Boulekbache-Makhlouf de nous avoir proposé un sujet, de nous avoir encadré et pour son appui.

On remercie notre co-promotrice M<sup>me</sup> Romeih-Cherrat pour sa présence, ses conseils et son suivi pour l'accomplissement de notre travail.

On remercie tous les ingénieurs du laboratoire de recherche 3BS ainsi que Saida, Badria, M<sup>me</sup> Idres du bloc 12, tous les ingénieurs du laboratoire de microbiologie et Yacine du bloc 3 et les ingénieurs de l'animalerie pour leur précieuse aide.

On remercie les doctorants Kahina, Yasmina, Lynda, Mina, Akila, Ferriel, Ghania, Hayette, Khoukha et Mr Moussi pour leurs aides et leurs conseils.

On remercie tous nos enseignants et tous ceux qui font que le département sciences alimentaires fonctionne dans les meilleurs conditions.

On remercie nos familles de nous avoir soutenus et encouragés.

On remercie Sabrina Zeghichi pour son aide.

Un grand merci à tous ceux qui nous ont aidés de loin ou de près dans l'accomplissement de ce travail.

---

## **Dédicace**

Je dédie ce travail

À mes parents que dieu le tout puissant les accueillent dans son vaste paradis.

À mon mari qui m'a encouragé et m'a soutenu tout le long de cette année et aussi pour sa patience.

À mes frères Kame, Hamid et Farouk et à mes sœurs Nora, Hayette et mes neveux et nièces et leurs conjoints.

À Hassina pour ses encouragements et ses conseils.

À Khalti Mabrouka et Nabila.

À ma famille.

À tonton Ali et Tata Farida, Mama nini et à la famille Houari.

À Kahina et Sylia.

À Mr Kati et aux membres du conseil scientifique qui m'ont donné l'opportunité et la chance de reprendre mes études.

À tous mes amis et à ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour l'accomplissement de ce travail.

Et enfin à tous ceux que j'aime.

**Nadra**

---

## Dédicace

Avant tout, merci à Dieu le tout puissant de m'avoir accordée la force, la santé et les Moyens de pouvoir accomplir ce modeste travail.

Je dédie mon mémoire à:

Mes deux très chers neveux Islam et Abderrahmane, qui m'ont appris la définition du mot joie.

A la mémoire de mes grands-parents que dieu repose leurs âmes en paix.

A mes parents que dieu les protègent, en témoignage de ma profonde affection. Qu'ils sachent que ce travail est en partie le fruit de leur soutien, je leur suis très reconnaissante. Leur fierté à mon égard aujourd'hui est pour moi la meilleure récompense.

A mes frères Abdelhak et cher Abdelaziz, mes sœurs Nassima, Nabila et son mari Nourddine, Ouahiba et son mari Abdelouahab.

Les trésors de ma vie que j'aime à fond, pour tout le soutien et l'amour dont ils m'ont fait don et qui chaque jour m'aident à vivre et à sourire.

A ma très chère amie Lydia que j'aime au-dessus de toutes mes forces Pour le courage , la confiance et l'amour qu'elle me transmet au quotidien malgré la distance, pour sa fidélité et parce qu'elle rend la vie si belle et délicieuse.

A mes chères amies, Hanane, Namia, Karima, Assia et Linda pour la motivation et le soutien inconditionnel qu'elles m'ont offert durant toute la période du mémoire, sans elles ce travail n'aurait pas été accompli. Merci beaucoup, je vous aime.

Mes derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont

À tous mes enseignants du primaire à l'université, et à toutes personnes en qui j'ai trouvé un soutien et qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce modeste travail. J'ai certainement oublié des gens involontairement je vous l'assure, la réalisation d'un mémoire a un effet désastreux sur ma mémoire. je remercie ceux dont le nom n'apparaît pas dans ce manuscrit. Ils se reconnaîtront.

Je dédie ce mémoire à tous ceux que j'aime, sans lesquels tout ceci n'aurait aucun sens.

**Assia**

# Table des matières

---

Liste des figures	
Liste des figures des annexes	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1
<b>Partie I: Partie théorique</b>	
I.1. Présentation de la plante étudiée	2
I.1.1. Description botanique	2
I.1.2. Classification botanique du gingembre	2
I.1.3. La composition du gingembre	3
I.2. L'utilisation et les effets du gingembre	4
I.2.1. L'utilisation du gingembre	4
I.2.2. Les effets du gingembre	4
I.3. Production mondiale	5
I.4. Généralités sur le séchage	6
I.4.1. Le séchage au soleil	6
I.4.2. Le séchage par microondes	6
I.4.3. Lyophilisation	7
I.5. Les substances actives du gingembre	7
I.5.1. Les composés phénoliques	7
I.5.1.1. Définition	7
I.5.1.2. Classification	7
I.5.1.3. Les flavonoïdes	8
I.5.2. Les caroténoïdes	9
I.5.3. Les antioxydants	9
I.5.3.1. Définition des antioxydants	9
I.6. Le lait	11
I.6.1. Définition	11
I.6.2. Valeur nutritionnelle	11
I.6.3. Les paramètres physicochimiques du lait	11
I.6.3.1. L'acidité Dornic	11

# Table des matières

---

## Partie II : Partie pratique

II.1. Matériel et méthodes	12
II.1.1. Matériel végétal	12
II.1.2. Taux d'humidité	12
II.1.3. Le séchage par microondes	12
II.1.4. Broyage et tamisage	13
II.1.5. Extraction	13
II.1.5.1. Extraction des composés phénoliques par épuisement	13
a. Mode opératoire	13
II.1.6. Dosages des polyphénols totaux	15
II.1.7. Dosages des flavonoïdes	16
II.1.8. Dosages des caroténoïdes	17
II.1.9. Mesure de l'activité antioxydante	18
II.1.9.1. Effet scavenger du radical DPPH <sup>•</sup>	18
II.1.10. Préparation du lait aromatisé	19
II.1.10.1. Analyse physico-chimiques du lait	19
II.1.10.2. Détermination de l'acidité Dornic	19
II.2. Résultats	20
II.2.1. Taux d'humidité	20
II.2.2. Séchage par microonde	20
II.2.3. Dosage des polyphénols totaux	21
II.2.4. Dosage des flavonoïdes	21
II.2.5. Dosage des caroténoïdes	22
II.2.6. Mesure de l'activité antioxydante	22
II.2.6.1. Effet scavenger du radical DPPH <sup>•</sup>	22
II.2.7. Les paramètres physico-chimiques du lait aromatisé	23
II.3. Discussion générale	24
Conclusion	26
Références bibliographiques	
Annexes	

# Table des matières

---

## Liste des figures

Figure 1: Plante de <i>Zingiber officinale Roscoe</i> _____	2
Figure 2: structure chimique des gingérols et des shogaols _____	4
Figure 3: Les acides phénoliques _____	7
Figure 4: Structure de base des flavonoïdes _____	9
Figure 5: Structure de $\beta$ -carotène _____	9
Figure 6: Rhizome de <i>Zingiber Officinale Roscoe</i> _____	12
Figure 7: Les différentes étapes de séchage du gingembre _____	13
Figure 8: Photographie du broyeur et de la poudre de gingembre _____	13
Figure 9: Protocole de l'extraction des composés bioactifs par épuisement _____	14
Figure 10: Protocole de dosage des composés phénoliques totaux _____	15
Figure 11: Protocole de dosage des flavonoïdes _____	16
Figure 12: Protocole de dosage des caroténoïdes _____	17
Figure 13: Protocole de mesure de l'activité antioxydante Par la méthode du DPPH _____	18
Figure 14: Titrage de l'acidité du lait par NaOH _____	19
Figure 15: représentation du taux d'humidité du gingembre _____	20
Figure 16: Cinétique de séchage du <i>Zingiber officinale Roscoe</i> à différentes puissances _____	20
Figure 17: Concentrations en polyphénols totaux de <i>Zingiber officinale Roscoe</i> _____	21
Figure 18: Concentrations en flavonoïdes de <i>Zingiber officinale Roscoe</i> _____	21
Figure 19: Concentrations en caroténoïdes de <i>Zingiber officinale Roscoe</i> _____	22
Figure 20: Pourcentage de l'activité antiradicalaire de <i>Zingiber officinale Roscoe</i> _____	23

## Liste des figures des annexes

Figure 21: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour les polyphénols	
Figure 22: Courbe d'étalonnage de l'épi catéchine pour les flavonoïdes	
Figure 23: Courbe d'étalonnage de $\beta$ carotène pour les caroténoïdes	

# Table des matières

---

## Liste des tableaux

Tableau I: Classification botanique du gingembre _____	3
Tableau II: Production mondiale du gingembre de 2008 à 2012 (FAO/OMS, 2015) _____	6
Tableau III: Classification des composés phénoliques (Harborne et Simmonds 1964) _____	8
Tableau IV: Variation de l'acidité Dornic du lait à différentes concentrations de gingembre _____	23
Tableau V: Étude comparative des polyphénols totaux _____	24

## Liste des abréviations

**D:** Dornic

**DPPH:** 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

**EAG:** équivalent d'acide gallique.

**EEC:** équivalent d'épi catéchine

**MS:** matière sèche

**W.:** Watt

---

# Introduction

---

# Introduction

---

L'Homme a toujours été fasciné par les épices non seulement pour rehausser le goût des aliments à moindre coût mais aussi pour leurs vertus médicinales, c'est pour cela que ces épices ont été aussi convoitées que l'or (Birlouez, 2012). Parmi ces épices le *Zingiber officinale Roscoe* communément connue sous le nom de gingembre en français, ginger en anglais et zanjabil en arabe (Faivre *et al.*, 2006).

Le gingembre est utilisé comme épice depuis plus de 2000 ans (Datta *et al.*, 2011; Elkirdasy *et al.*, 2015; Kamran *et al.*, 2014; Mukherjee *et al.*, 2014). Il comprend 47 genres et 1400 espèces (Datta *et al.*, 2011; Elkirdasy *et al.*, 2015; Kamran *et al.*, 2014; Mukherjee *et al.*, 2014; Nandkangre *et al.*, 2015).

Largement employé dans la cuisine asiatique pour ses qualités tant gustatives que facilitatrices de la digestion, le gingembre est aussi une épice médicinale aux multiples propriétés (Gigon, 2012), il est aussi considéré comme un important ingrédient dans la phytothérapie ayurvédique et chinoise pour le traitement de diverses maladies (Nile et Park, 2015).

Cette plante a été mentionnée par les botanistes et les apothicaires grecs, des naturalistes romains ont décrit dans leurs travaux l'utilisation du gingembre en médecine mais ce n'est qu'au 13<sup>ème</sup> siècle que Marco Polo a introduit cette épice en Europe, durant cette même période les arabes ont répandu cette dernière de l'Inde à l'Afrique de l'Est et ce n'est qu'au 16<sup>ème</sup> siècle que les portugais ont introduit le gingembre en Afrique de l'Ouest.

C'est au botaniste anglais William Roscoe qu'on doit l'appellation de *Zingiber officinale Roscoe* en 1807.

Actuellement plus de 80% de la population mondiale utilise la médecine traditionnelle pour ses principaux soins médicaux (Tanaka *et al.*, 2015), et plusieurs études ont été conduites sur le gingembre.

Notre présent travail englobe trois aspects:

- La première partie est consacrée au séchage de la plante aux microondes à différentes puissances (100, 300, 500, 700, 900 W.).
- La deuxième partie est consacrée à l'extraction des composés phénoliques à partir des poudres obtenues et à l'évaluation de leur activité antioxydante.
- La dernière est axée sur l'incorporation de la poudre de gingembre dans le lait UHT, et le suivi de l'acidité Dornic.

---

# Partie théorique

---

### I.1. Présentation de la plante étudiée

#### I.1.1. Description botanique

Le gingembre est une plante tropicale herbacée vivace poussant dans les régions ensoleillées et humides, se dressant sur une tige de 1,50 m en moyenne, mais pouvant atteindre 3 m de haut (Figure 1).



**Figure 1:** Plante de *Zingiber officinale* Roscoe (Gigon, 2012)

La partie souterraine utilisée est le rhizome. Celui-ci se divise dans un seul plan et est constitué de tubercules globuleux ramifiés. La peau du rhizome est beige pâle et sa chair est jaune pâle juteuse, l'odeur est aromatique avec une saveur chaude et piquante (Gigon, 2012). Les rhizomes sont récoltés après 9 à 10 mois (Faivre *et al.*, 2006).

#### I.1.2. Classification botanique du gingembre

Selon Faivre *et al.* (2006) et Gigon (2012), la classification botanique du gingembre est comme suit (Tableau I).

## Partie I: Partie théorique

---

**Tableau I:** Classification botanique du gingembre

---

Règne	Plantae
Sous-règne	Trachéobionta
Division	Magnoliophyta (ou Angiospermes)
Classe	Liliopsida (ou Monocotylédones)
Sous -classe	Zingibéridéés
Ordre	Scitaminales ou Zingibérales
Famille	Zingibéracées
Sous -Famille	Zingibéroïdéés
Genre	Zingiber
Espèce	<i>Zingiber officinale Roscoe</i>

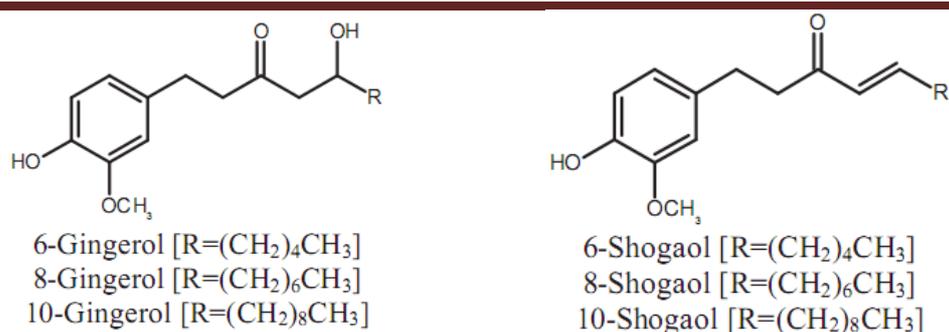
---

### I.1.3. La composition du gingembre

L'analyse chimique du gingembre indique qu'il contient plus de 400 différents composés, qui sont les carbohydrates (50-70%), les lipides (3-8%) (Prasad et Tyagi, 2015) de types acides oléique et linoléique (10%) (Gigon, 2012), des terpènes, des composés phénoliques (Prasad et Tyagi, 2015), des vitamines et des minéraux (Kim *et al.*, 2015), des protéines (Prasad et Tyagi, 2015) et de l'oléorésine (Gigon, 2012).

L'oléorésine contient des composés responsables de la saveur très marquée du gingembre. Certains appartiennent à la famille des vanilloïdes et sont connus sous le nom de 3-, 6-, 8-, 10- et 12-gingérols, ces composés ont une chaîne latérale de longueur variable, respectivement de 7, 10, 12, 14 ou 16 carbones (Gigon, 2012, Ok et Jeong, 2012); ils sont accompagnés de gingédiols et de paradols (Gigon, 2012). Le zingérone et le shogaol sont des produits de la dégradation du gingérol sous l'action de la chaleur (Gigon, 2012).

L'odeur et la saveur caractéristique du gingembre sont dues aux huiles volatiles essentiellement riches en gingérols et shogaols (Prasad et Tyagi, 2015) (figure 2).



**Figure 2:** structure chimique des gingérols et des shogaols (Semwal *et al.*, 2015)

## I.2. L'utilisation et les effets du gingembre

### I.2.1. L'utilisation du gingembre

Le gingembre est beaucoup utilisé en cuisine, frais ou séchée (Ding *et al.*, 2012). Il est utilisé dans la confection de pain d'épices, de biscuits, de desserts, dans les viandes, les poissons, le poulet, dans les soupes et pour aromatiser le riz (Charles, 2013).

Le gingembre est également utilisé en industrie alimentaire pour aromatiser dans la confiserie et dans la production de boissons alcoolisées et non alcoolisées (Sangwan *et al.*, 2014). Le gingembre est aussi utilisé en industrie pharmaceutique et en médecine traditionnelle (Li *et al.*, 2016; Makanjuola *et al.*, 2015) pour soigner:

les nausées et les vomissements ( Daily *et al.*, 2015; Naderi *et al.*, 2015; Prasad et Tyagi, 2015), la douleur, le rhume (Gomar *et al.*, 2014; Khandouzi *et al.*, 2015), l'arthrite, les rhumatismes (Lakhan *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2013; Mashhadi *et al.*, 2013), les crampes, la fièvre, les infections (Danciu *et al.*, 2015), les troubles gastro-intestinaux (Giacosa *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2016), les migraines (Gigon, 2012; Li *et al.*, 2016), les flatulences et les coliques (Singh *et al.*, 2014), il est considéré comme agent de désintoxication pour les alcooliques (Motawi *et al.*, 2011), vermifuge (Charles, 2013; Khodaie et Sadeghpour, 2015), il est utilisé pour soigner l'anémie (Iroaganachi *et al.*, 2015), la constipation, l'asthme, les maladies nerveuses, le mal de dents (Lee *et al.*, 2013), la maladie d'Alzheimer (Danciu *et al.*, 2015), les maux d'estomac, les diarrhées (Akinola *et al.*, 2014), et la goutte (Nile et Park, 2015).

### I.2.2. Les effets du gingembre

Les effets du gingembre sont multiples. Il a des effets;

Antidiabétique, antiobésité ( Azimi *et al.*, 2015; Semwal *et al.* 2015), sur le cœur et les artères (Danciu *et al.*, 2015; Faivre *et al.*, 2006), antihyperlipidique, (Motawi *et al.*, 2011),

## Partie I: Partie théorique

---

antiallergique, (Lee *et al.*, 2013), antibactérien (Charles, 2013; Danciu *et al.*, 2015), inhibiteur contre le HIV (Mukherjee *et al.*, 2012), dysménorrhée du patient (Charles, 2013 ; Rahnama *et al.*, 2012), antiviral, (Nile et park, 2015; Singh *et al.*, 2014), anticholesterémiant, antifongique, hépatoprotecteur (Charles, 2013), rénoprotecteur (Charles, 2013; Semwal *et al.* 2015 ), anti-inflammatoire, antioxydant, anticancer (Ashraf *et al.*, 2014 ; Ghasemzadeh *et al.*, 2015 ; Jelled *et al.*, 2015; Ratnaningrum *et al.*, 2015; Rhode *et al.*, 2007).

Les composants anti-inflammatoires du gingembre sont le gingérol, le shogaol, le paradol et la zingérone (Bartels *et al.*, 2015; Lakhan *et al.*, 2015).

L'activité antioxydante du gingembre est du principalement aux 6-gingérol, 6-shogaol, 8-gingérol et 10-gingérol (Atashak *et al.*, 2014), les effets analgésiques et antipyrétique sont dus aux 6-gingérol, 6-shogaol (Semwal *et al.*, 2015).

L'activité antiallergique des 6 et 8-shogaol et du 8-gingérol sont dus à la capacité de ces derniers à inhiber l'histamine.

Certaines études ont montré que les 10 et 12-gingérol présentait une activité inhibitrice contre trois agents pathogènes: *Porphyromonas gingivalis*, *Porphyromonas endodontalis* et *Prevotella intermedia*, les 6, 8 et 10-gingérol et le 6-shogaol contre *Helicobacter pylori* qui est responsable du cancer de l'estomac chez l'Homme et que le 10-gingérol avait un effet inhibiteur puissant contre *Mycobacterium avium* and *Mycobacterium tuberculosis* (Semwal *et al.*, 2015).

La toxicité liée au gingembre n'a pas été mise en évidence par voie orale (Ashraf *et al.*, 2014 ; Gigon 2012), mais il a été rapporté par le Faivre *et al.* (2006) que la toxicité est surtout liée aux huiles essentielles.

### **I.3. Production mondiale**

Le gingembre est cultivé dans de nombreux pays tropicaux et subtropicaux (Ding *et al.*, 2012 ; Charles, 2013 ; Ashraf *et al.*, 2014; Semwal *et al.*, 2015). Les plus grands producteurs sont l'Inde, la Chine, l'Indonésie, et le Nigeria (Li *et al.*, 2016), le Brésil et le Japon (Sangwan *et al.*, 2014). La Production mondiale du gingembre de 2008 à 2012 est illustrée dans le tableau II.

## Partie I: Partie théorique

**Tableau II:** Production mondiale du gingembre de 2008 à 2012 (FAO/OMS, 2015)

Année	Production (en tonnes)
2008	1 596 625,00
2009	1 643 678,25
2010	1 692 234,62
2011	2 034 429,00
2012	2 095 056,00
Total	9 062 022,87

### I.4. Généralités sur le séchage

Le séchage est une opération qui consiste à réduire le taux d'humidité contenu dans un aliment (Abbasi et Azari, 2008, Ding *et al.*, 2012; Jelled *et al.*, 2015), c'est la méthode la plus répandue en agriculture pour la conservation des fruits et légumes (Alibas, 2014), faciliter leurs transport, freiner leurs pertes et étendre la consommation aux périodes de non production (Ahouannou *et al.*, 2000).

Le séchage permet aussi d'inhiber le développement des microorganismes et de prévenir les modifications biochimiques, mais peut provoquer une perte des arômes et de la qualité nutritionnelle de ces aliments (Ding *et al.*, 2012; Jelled *et al.*, 2015).

Il existe plusieurs types de séchage: le séchage au soleil, la lyophilisation, le séchage osmotique, le séchage par pulvérisation, le séchage à chaud, le séchage sous vide et le séchage par microondes (Abbasi et Azari, 2008).

#### I.4.1. Le séchage au soleil

C'est un séchage qui ne demande pas un important investissement car il se fait par exposition du produit au soleil, mais c'est une méthode qui demande beaucoup de temps est dépendant du climat. Le produit final peut être contaminé par des insectes et des microorganismes (Hihat, 2015).

#### I.4.2. Le séchage par microondes

C'est un séchage qui utilise des ondes électromagnétiques, ondes de fréquence située entre 915 MHz 2450 MHz. Elles permettent de chauffer un produit uniformément ou de façon sélective, selon les propriétés du produit (Hihat, 2015) qui minimise les pertes de la qualité, diminue le temps et l'énergie nécessaire pour le séchage (Alibas, 2014).

## Partie I: Partie théorique

### I.4.3. Lyophilisation

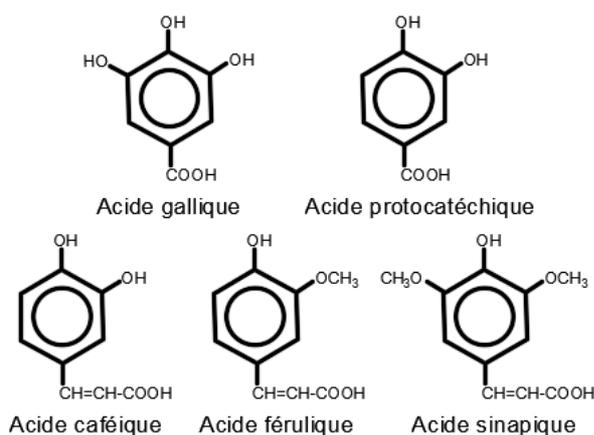
C'est l'une des techniques qui sauvegarde les arômes des aliments et qui soustrait l'eau en sauvegardant la qualité d'un aliment, l'inconvénient réside dans l'important investissement qu'il demande (Abbasi et Azari, 2008).

### I.5. Les substances actives du gingembre

#### I.5.1. Les composés phénoliques

##### I.5.1.1. Définition

Les polyphénols dénommés aussi composés phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal et qui appartiennent à leur métabolisme secondaire (Huang et Sumpio, 2008 et Japon-Lujan *et al.*, 2008); ils se retrouvent dans toutes les parties de la plante, de racine jusqu'aux fruits. La survie de la plante n'est pas dépendante de la présence de ces molécules, mais leur fonction majeure est dans l'interaction de la plante avec son environnement (Keys et Keys, 1975). Le terme phénol regroupe approximativement 10000 molécules naturelles identifiées (Gerber, 1994; Keys *et al.*, 1981). L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'au moins un noyau phénolique à 6 carbones, auquel est directement lié au moins un groupe Hydroxyle (OH) libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester ou hétéroside (Bouaziz *et al.*, 2008; Lesage-Meessen *et al.*, 2001) comme le montre la figure 3.



**Figure 3:** Les acides phénoliques (Leger, 2006)

##### I.5.1.2. Classification

Le terme de composés phénoliques couvre un groupe très vaste et diversifié de composés naturels. Ces composés peuvent être classés essentiellement selon la structure, le nombre de noyaux aromatiques et les éléments structuraux qui lient ces noyaux.

## Partie I: Partie théorique

Harborne et Simmonds (1964) ont classé ces composés dans des groupes en fonction du nombre d'atomes de carbone dans la molécule (Tableau III).

**Tableau III:** Classification des composés phénoliques (Harborne et Simmonds 1964)

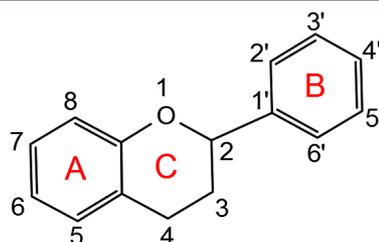
Structure	Classe
C6	Phénols simples
C6-C1	Acides phénoliques et composés dérivés
C6-C2	Acétophénone et acides phénylacétiques
C6-C3	Acides cinnamiques, coumarines, isocoumarines et chromones
C15	Flavanols, flavonones, anthocyanines et anthocyanidine
C30	Biflavovyles
C6-C1-C6	Benzophénones, xanthones et stilbéne
C6, C10, C14	Quinones
C18	Bétacyanines
Lignanés, neolignanés	Dimères ou oligomères
Lignine	Polymères
Tanins	Condensé et hydrolysable

### I.5.1.3. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes désignent une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (Zoughlache, 2008). Ce sont des composés possédant un squelette de base à quinze atomes de carbone, constitués de deux noyaux aromatiques et d'un hétérocycle central de type pyrane, formant une structure C6-C3-C6 (Figure 3) (De Souza *et al.*, 2004).

Ces molécules sont considérées comme des pigments quasiment universels des végétaux ; ils sont responsables de la pigmentation des fleurs. Ils interviennent dans les processus de défense contre le rayonnement UV, les herbivores et les attaques microbiennes (Korkina *et al.*, 1997).

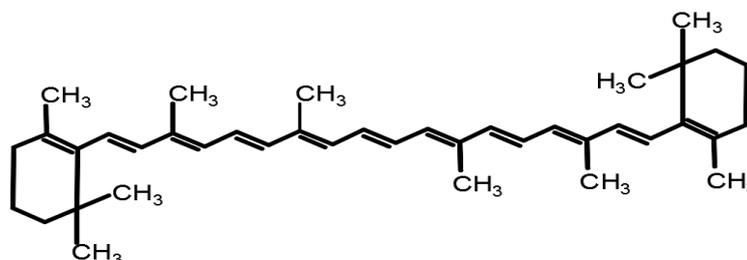
La classe des flavonoïdes comporte à elle seule plus de 4000 substances qui ont été isolées et identifiées à partir des milliers de plantes (Zoughlache, 2008), elles sont divisées en plusieurs catégories dont les principales sont les flavones, les flavanols, les flavan-3-ols, les isoflavones, les flavanones et les anthocyanidines. La structure de base de ces différents flavonoïdes peut subir de nombreuses substitutions, les groupements hydroxyles étant généralement en positions 4, 5 et 7. Ces substances existent généralement sous formes de glycosides (Afanas'eva *et al.*, 2001).



**Figure 4:** Structure de base des flavonoïdes (Afanas'eva *et al.*, 2001)

### I.5.2. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments organiques naturels produits par les plantes, les algues, certains types de champignons et certaines bactéries (Masaki, 2010), mais ils ne sont pas synthétisés par les animaux (Rao et Rao, 2007). Ils sont responsables de la couleur jaune, orange et rouge des fruits et des légumes (Rao et Rao, 2007). Les caroténoïdes sont des antioxydants liposolubles (Fusco *et al.*, 2007), ils sont une source importante de la vitamine A (Rao et Rao, 2007). L'activité antioxydante est connue pour être l'une des propriétés biologiques les plus importantes des caroténoïdes (Polyakov *et al.*, 2006), elle résulte de la capacité de la double liaison conjuguée à délocaliser les électrons non appariés (Rahman, 2007 ; Van Stijn *et al.*, 2008). Les caroténoïdes sont des éboueurs éminents de l'oxygène singulet et des radicaux peroxy (Deaton et Marlin, 2003). Il existe plusieurs composés dans le groupe des caroténoïdes, mais le caroténoïde le plus étudié est le  $\beta$ -carotène, qui est un puissant antioxydant agissant rapidement sur l'oxygène singulet (Fusco *et al.*, 2007) .



**Figure 5:** Structure de  $\beta$ -carotène (Mohamedi, 2013)

### I.5.3. Les antioxydants

#### I.5.3.1. Définition des antioxydants

Une des plusieurs définitions tente à définir un antioxydant comme « toute substance qui, une fois présentée à une concentration faible en comparaison avec celle d'un Substrat oxydé, retarde considérablement ou empêche l'oxydation du substrat » (Gutteridge et Mitchell, 1999; Medina-Navarro *et al.*, 2010).

## Partie I: Partie théorique

---

Un nouveau concept beaucoup plus général l'a défini comme «une substance qui retarde, empêche ou élimine les dommages oxydatifs d'une molécule cible causés par les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène (ROS)» (Heo *et al.*, 2007).

Les radicaux libres sont des espèces réactives *vis-à-vis* des constituants organiques et des structures cellulaires (Venkateswarlu *et al.*, 2002). Un antioxydant idéal devrait être aisément absorbé, susceptible d'éliminer les radicaux libres, et chélater les métaux redox à des niveaux physiologiquement appropriés (Rahman, 2007).

Ils ont la capacité de contrecarrer les effets néfastes des radicaux libres dans les tissus. Ils protègent contre le cancer, l'artériosclérose, les maladies cardiaques et plusieurs autres maladies (Bandyopadhyay *et al.*, 2007).

## Partie I: Partie théorique

---

### **I.6. Le lait**

#### **I.6.1. Définition**

Selon le congrès de Genève de 1910, «le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée, il doit être recueilli proprement et ne pas contenir le colostrum» (Konte, 1999).

#### **I.6.2. Valeur nutritionnelle**

Le lait est un système complexe contenant presque tous les éléments nutritifs, eau, lipides, protéines, glucides, minéraux et vitamines. Sa composition varie selon différents facteurs liés aux animaux, les principaux étant l'individualité, la race, la période de lactation, l'alimentation, la saison et l'âge (Vignola, 2002).

#### **I.6.3. Les paramètres physicochimiques du lait**

##### **I.6.3.1. L'acidité Dornic**

Dès la traite le lait démontre une certaine acidité en raison de la présence de protéines principalement les caséines et la lactalbumine, de substances minérales telles que les phosphates et d'acides organiques, le plus souvent citrique. On l'appelle l'acidité apparente ou acidité naturelle du lait. Le lait peut se comporter à la fois comme acide et basique, cela est dû à la présence de groupements acide  $\text{COOH}$  et basique  $\text{NH}_2$  sur les chaînes latérales des acides aminés. Le lait frais contient environ 0,002% d'acide lactique, en se développant, les bactéries lactiques forment de l'acide lactique  $\text{CHOH-COOH}$  par fermentation du lactose. Cette nouvelle acidité se nomme l'acidité développée. C'est l'acidité responsable de la dénaturation du lait.

---

Partie

Pratique

---

---

Matériel  
et  
méthodes

---

## Partie II: Partie pratique

---

### II.1. Matériel et méthodes

#### II.1.1. Matériel végétal

Le présent travail a été réalisé sur les racines de gingembre frais (*Zingiber officinale Roscoe*) qui a été procuré d'un supermarché de la ville de Béjaia.



**Figure 6:** Rhizome de *Zingiber Officinale Roscoe*

Ces racines ont été lavées soigneusement avec de l'eau pour le débarrasser de toutes les impuretés puis coupées en fines rondelles d'environ 4 mm d'épaisseur puis soumises au séchage par microondes à différentes puissances (100, 300, 500, 700 et 900W.).

#### II.1.2. Taux d'humidité

Ce test est très important car il permet de suivre au mieux l'étape de séchage. Il a été déterminé par le procédé de séchage à l'étuve. 5 g de gingembre (coupé en rondelles) ont été séchés à  $103 \pm 2$  °C.

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante:

$$H(\%) = \left( \frac{P_0 - P_f}{P_0} \right) \times 100$$

Avec :

H(%): humidité;

$P_0$ : représente le poids initial de l'échantillon;

$P_f$ : représente le poids final de l'échantillon.

#### II.1.3. Le séchage par microondes

Des échantillons de 100g de gingembre ont été séchés par microondes à différentes puissances (100, 300, 500, 700 et 900 W.).



**Figure 7:** Les différentes étapes de séchage du gingembre

### II.1.4. Broyage et tamisage

Une fois le matériel végétal est séché, les échantillons ont été broyés à l'aide d'un broyeur électrique. Les poudres ainsi obtenues ont été tamisées à l'aide d'un tamiseur automatique, pour obtenir des poudres fines et homogènes dont la granulométrie est inférieure ou égale à 125  $\mu\text{m}$ . Ces poudres ont été conservées dans des bocaux en verre teintés, hermétiquement scellés et à l'abri de la lumière.



**Figure 8:** Photographie du broyeur et de la poudre de gingembre

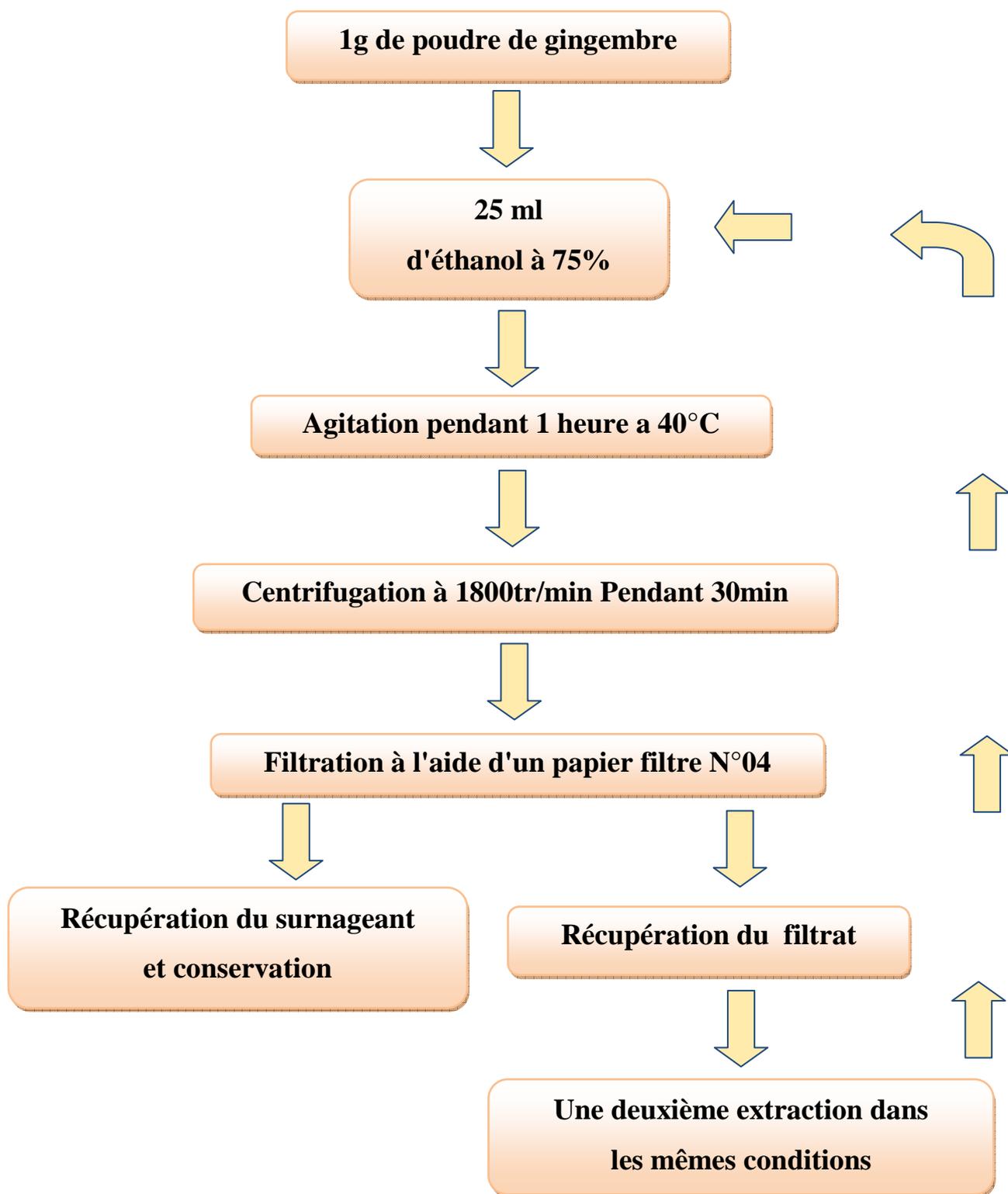
### II.1.5. Extraction

La méthode d'extraction utilisée est une méthode conventionnelle optimisée par Mukherjee *et al.* (2014).

#### II.1.5.1. Extraction des composés phénoliques par épuisement

##### a. Mode opératoire

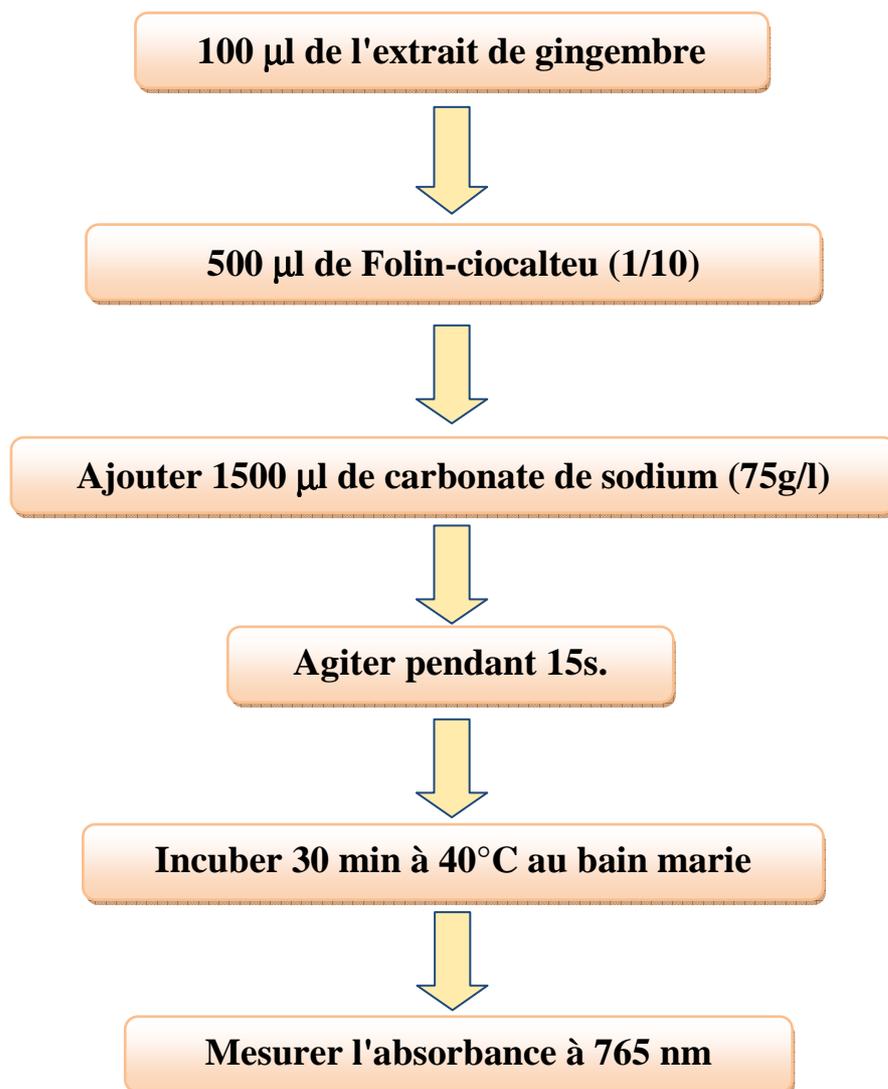
L'extraction a été réalisée en mettant en contact 1 g de poudre de gingembre avec 50 ml d'éthanol à 75%, la solution est soumise à une agitation mécanique à 40 °C pendant une heure (Figure 9).



**Figure 9:**Protocole de l'extraction des composés bioactifs par épuisement  
(Mukherjee *et al.*, 2014)

### II.1.6. Dosages des polyphénols totaux

Les composés phénoliques réagissent avec le réactif de Folin-Ciocalteu. Le mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ) est réduit en oxydes métalliques ( $W_8O_{23}/Mo_8O_{23}$ ), de couleur bleue dont l'intensité est proportionnelle à la quantité des polyphénols (Bouras et Hou chi, 2013). Le protocole de dosage des polyphénols est présenté dans la figure 10.



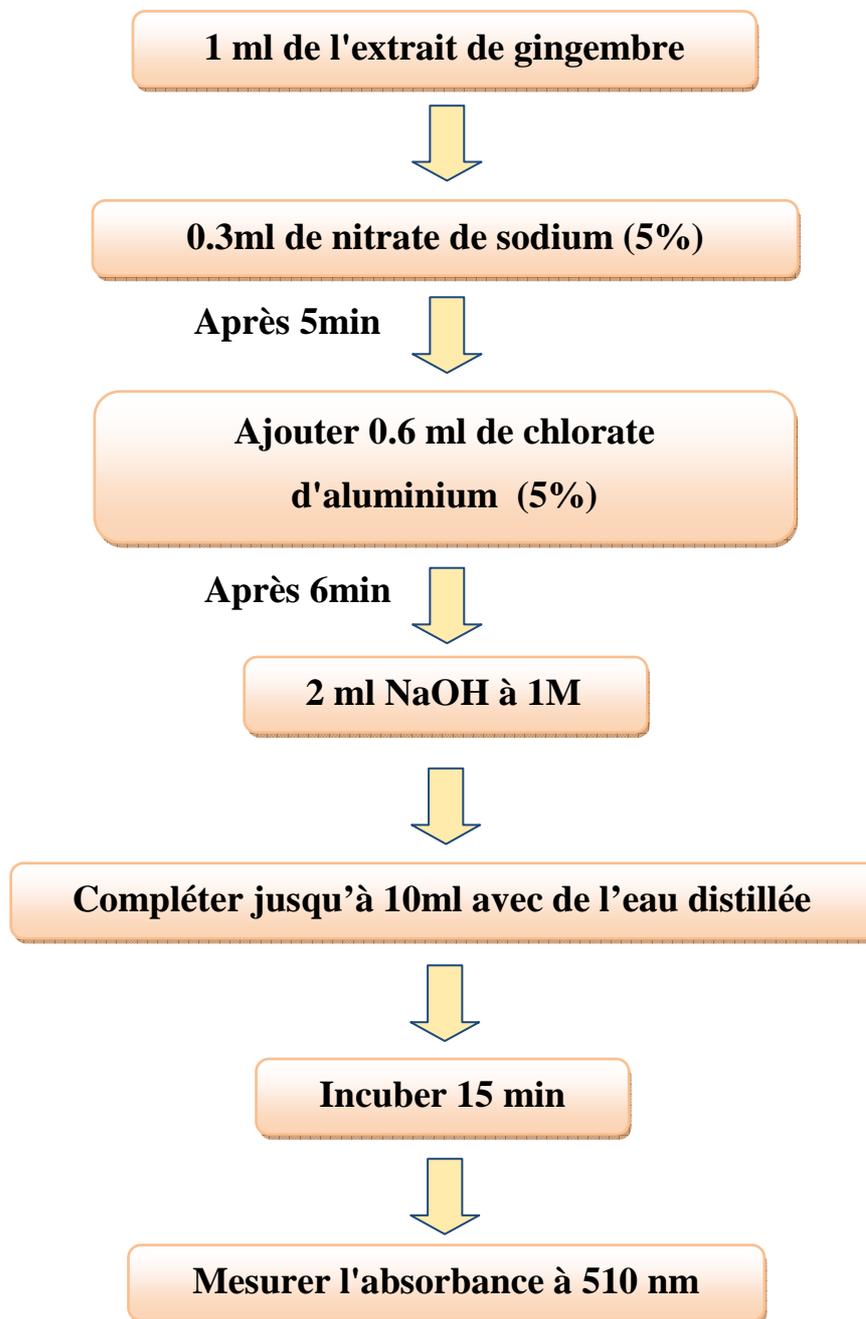
**Figure 10:** Protocole de dosage des composés phénoliques totaux (Chan *et al.*, 2008)

La teneur en composés phénoliques de chaque extrait est calculée à partir de la courbe d'étalonnage elle est exprimée en milligrammes équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS).

## Partie II: Partie pratique

### II.1.7. Dosages des flavonoïdes

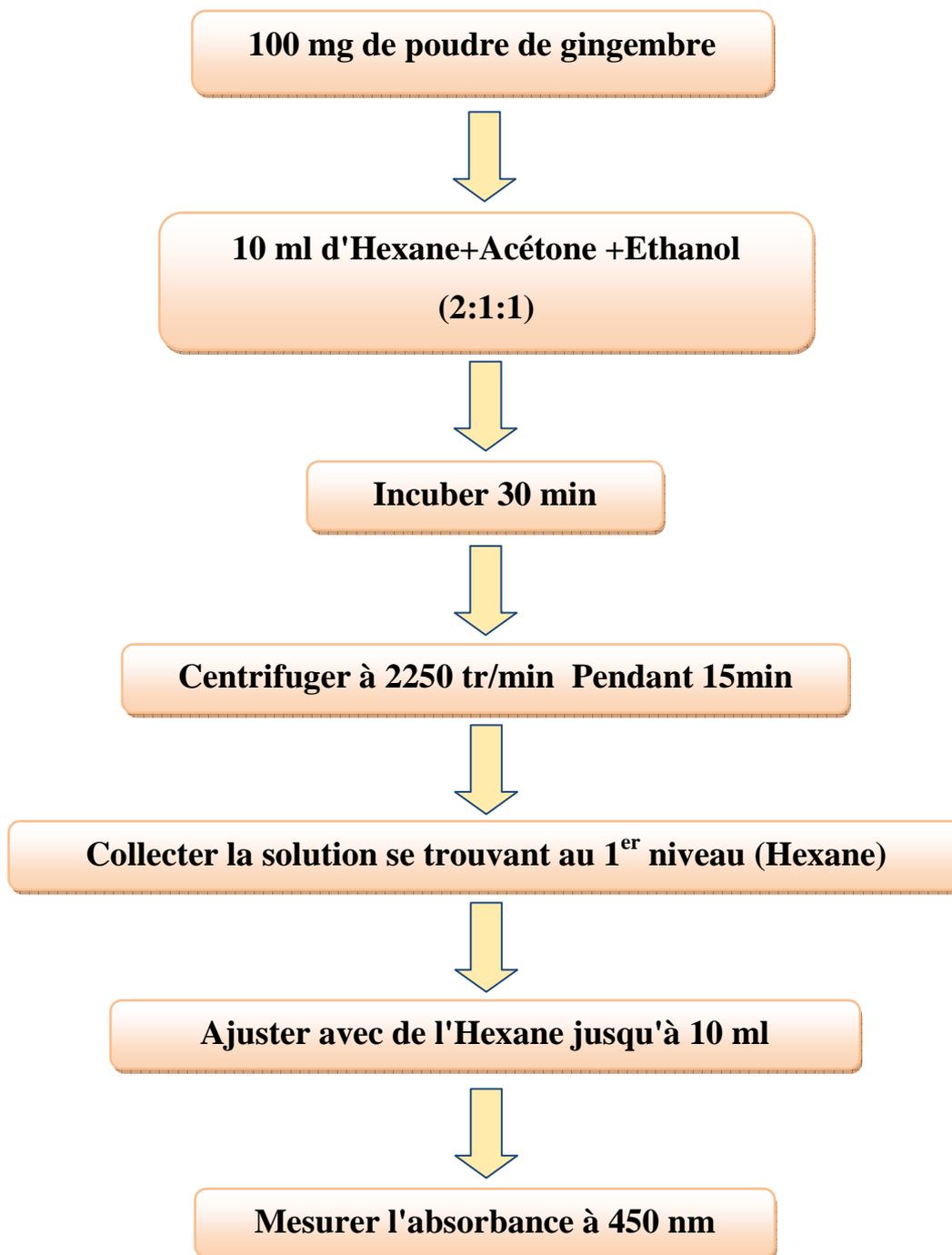
Le chlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) se lie avec les groupements hydroxydes OH des phénols présentés dans l'extrait en formant un complexe très stable. Ce complexe jaune absorbe la lumière visible à une longueur d'onde de 510 nm. Le protocole de dosage des flavonoïdes est présenté dans la figure 11.



**Figure 11:** Protocole de dosage des flavonoïdes (Gong *et al.*, 2012)

### II.1.8. Dosages des caroténoïdes

Le protocole de dosage des caroténoïdes est présenté dans la figure 12.



**Figure 12:** Protocole de dosage des caroténoïdes (Sasskiss *et al.*, 2005)

La teneur en caroténoïdes de chaque extrait est calculée à partir de la courbe d'étalonnage, elle est exprimée en milligrammes équivalent  $\beta$ -carotène par gramme de matière sèche.

### II.1.9. Mesure de l'activité antioxydante

#### II.1.9.1. Effet scavenger du radical DPPH•

L'activité antioxydante des différents extraits de *Zingiber officinale Roscoe*, a été réalisée par le test du radical DPPH• (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl), le radical libre le plus stable selon Molyneux (2004) le protocole suivi est résumé dans la figure 13.

Les résultats sont exprimés comme suit:

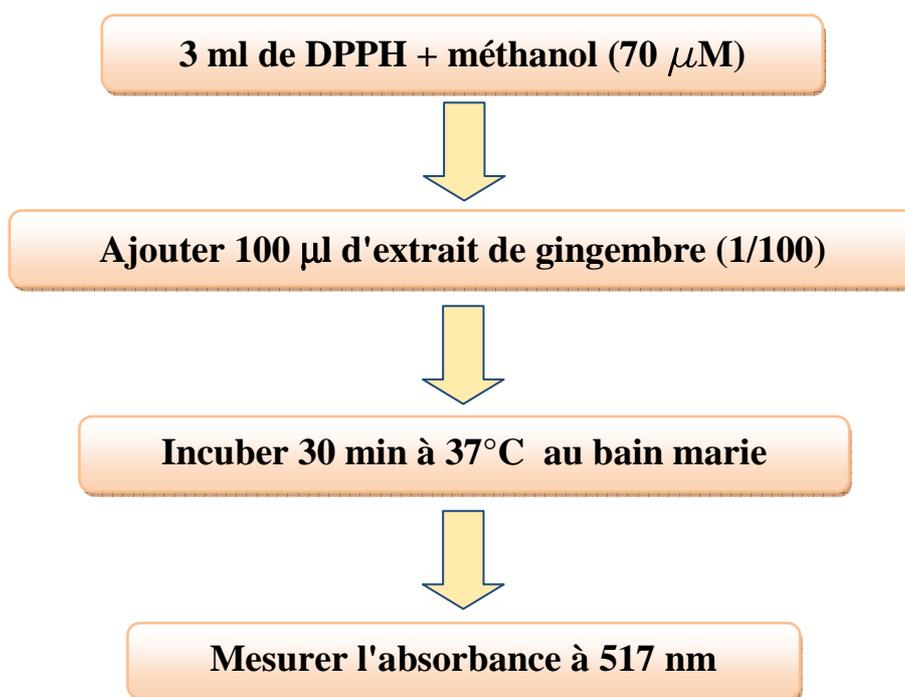
$$AA(\%) = \left( \frac{A_T - A_E}{A_T} \right) \times 100$$

Avec : AA: activité Anti radicalaire.

$A_E$ : absorbance de l'échantillon.

$A_T$ : absorbance du témoin.

Le protocole suivi est illustré dans la figure 13.



**Figure 13:** Protocole de mesure de l'activité antioxydante Par la méthode du DPPH•

(Brand-Williams *et al.*, 1995)

## Partie II: Partie pratique

---

### II.1.10. Préparation du lait aromatisé

Dans une tentative de préparer un lait aromatisé au gingembre, on incorpore de la poudre de gingembre séchée à la puissance 100 W. au lait UHT Candia avec les proportions suivantes:

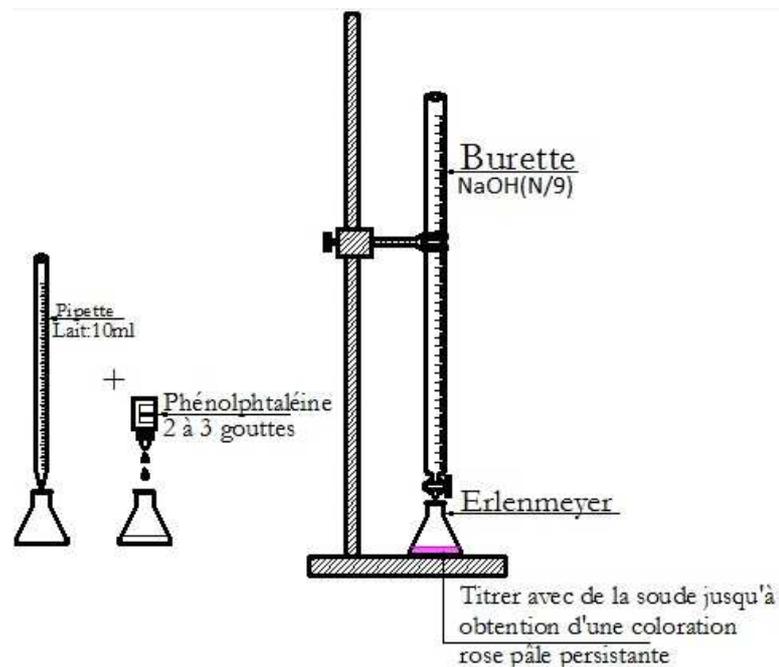
- 0,50g /100 ml
- 0,75g/100 ml
- 1,00g/100 ml

Un échantillon témoin (exempt de gingembre) a été utilisé comme référence. L'acidité Dornic a été suivie chaque 2 heures et 30 min pendant 3 jours puis au bout du 7<sup>ème</sup> jour, les échantillons sont conservés à 6°C.

#### II.1.10.1. Analyse physico-chimiques du lait

#### II.1.10.2. Détermination de l'acidité Dornic

L'acidité du lait additionné au gingembre a été déterminée par titrage avec la soude selon la méthode de (Guiraud, 1998), qui consiste à ajouter de la soude (N/9) à un échantillon de 10 ml de lait jusqu'à apparition de la couleur rose pâle persistante (Figure 14).



**Figure 14:** Titrage de l'acidité du lait par NaOH

---

# Résultats

---

### II.2. Résultats

#### II.2.1. Taux d'humidité

Le taux d'humidité du gingembre est de 93,05% la matière sèche ne représente que 6,95% comme le montre la figure 15.

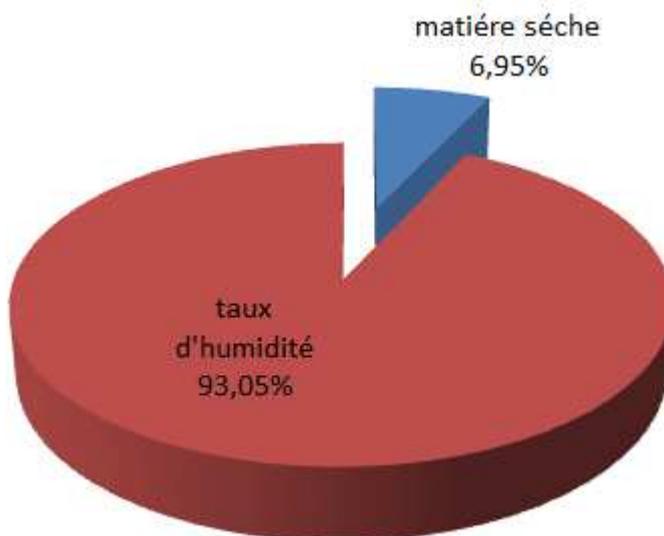


Figure 15: représentation du taux d'humidité du gingembre

#### II.2.2. Séchage par microonde

La figure 16 montre que le temps de séchage pour les puissances allant de 300, 500, 700 et 900W. est de 1000 s et de 2000 s pour la puissance 100W..

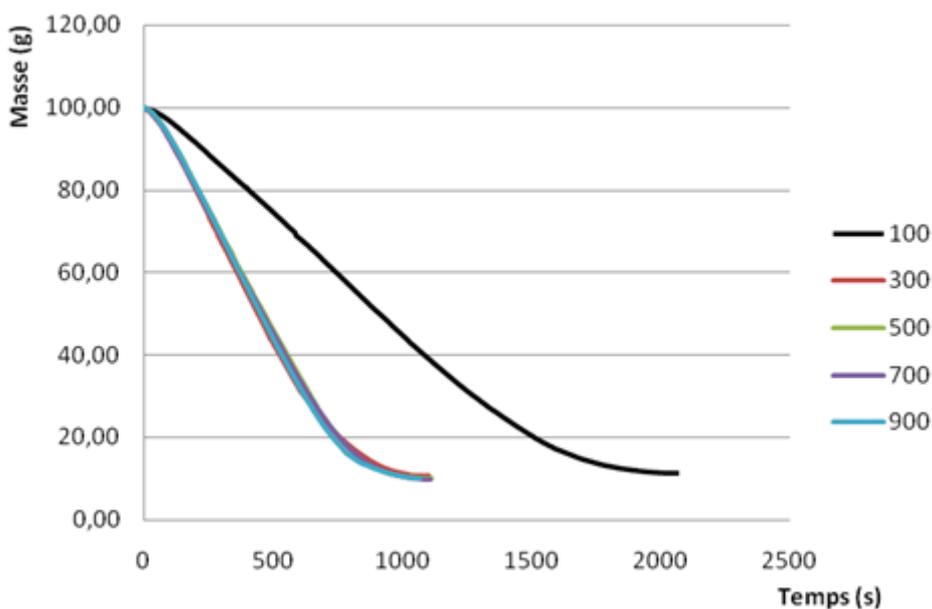
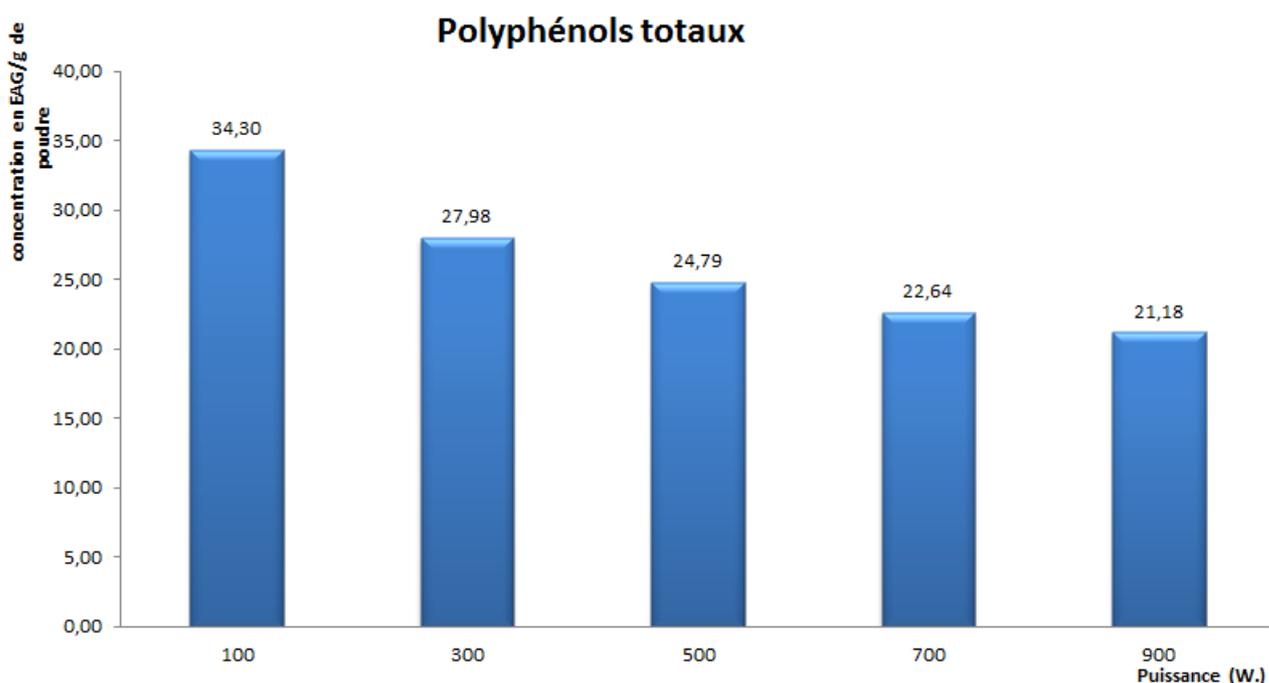


Figure 16: Cinétique de séchage du *Zingiber officinale Roscoe* à différentes puissances

### II.2.3. Dosage des polyphénols totaux

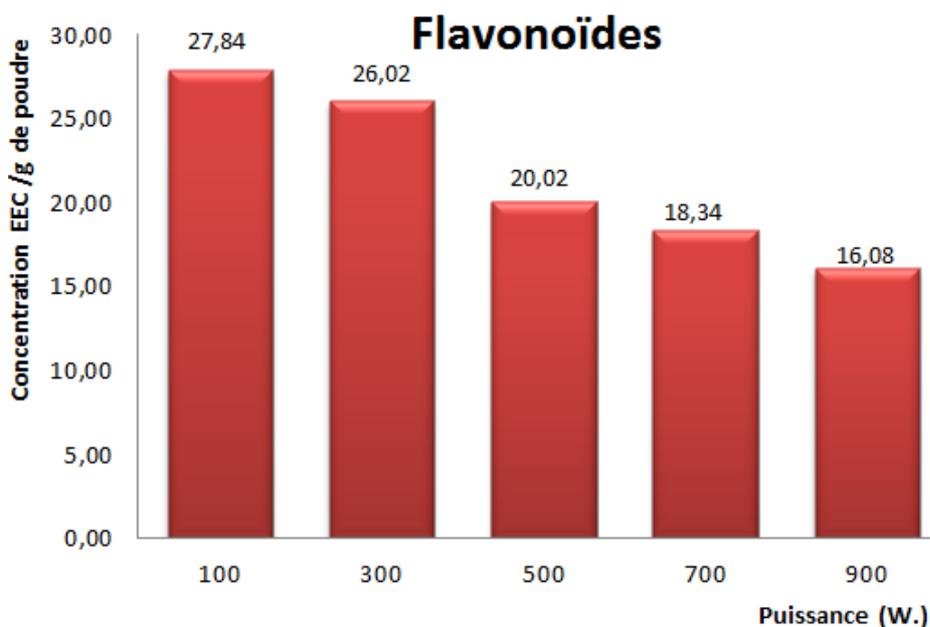


**Figure 17:** Concentrations en polyphénols totaux de *Zingiber officinale Roscoe*

La teneur maximale en composés phénoliques (34,30 mg/g MS) a été obtenue à la puissance 100W et la teneur minimale (21,18mg/g MS) est obtenue à la puissance 900W..

### II.2.4. Dosage des flavonoïdes

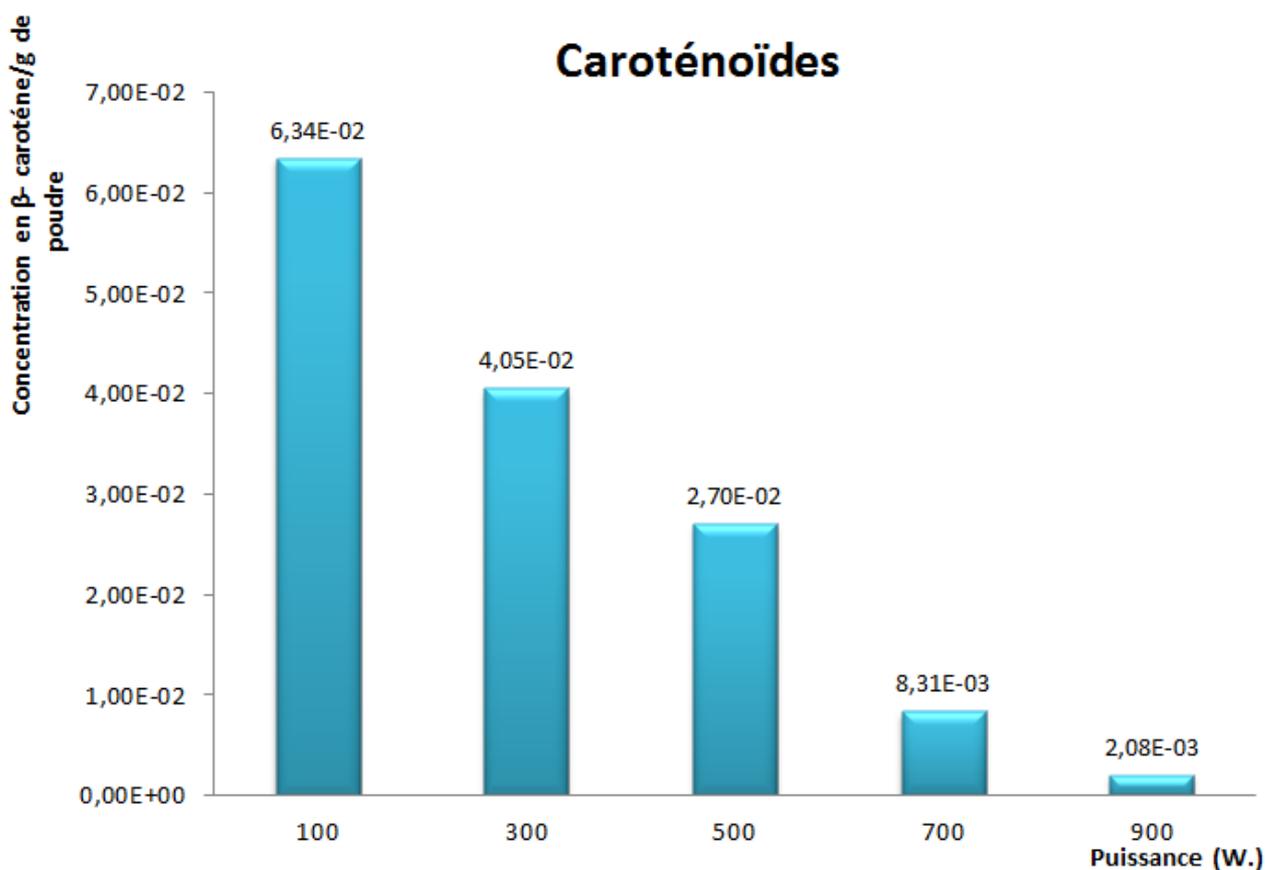
La teneur maximale en flavonoïdes a été obtenue à la puissance de 100W. (27,84 mg/g MS) et la valeur minimale est obtenue à la puissance de 900W. (16,08 mg/g MS) (Figure 18).



**Figure 18:** Concentrations en flavonoïdes de *Zingiber officinale Roscoe*

### II.2.5. Dosage des caroténoïdes

Les résultats de la teneur en caroténoïdes des différents extraits de gingembre sont présentés dans la figure 19.



**Figure 19:** Concentrations en caroténoïdes de *Zingiber officinale Roscoe*

Les teneurs sont situées entre  $6,34 \cdot 10^{-2}$  mg/g et  $2,08 \cdot 10^{-3}$  mg/g pour les puissances 100 et 900 W., respectivement.

### II.2.6. Mesure de l'activité antioxydante

#### II.2.6.1. Effet scavenger du radical DPPH<sup>•</sup>

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 20. Le pourcentage maximal d'inhibition du radical DPPH<sup>•</sup> est 81,15%, ce dernier est donné par la puissance 100W., alors que le pourcentage minimal (64,42%) est trouvé à la puissance 900 W..

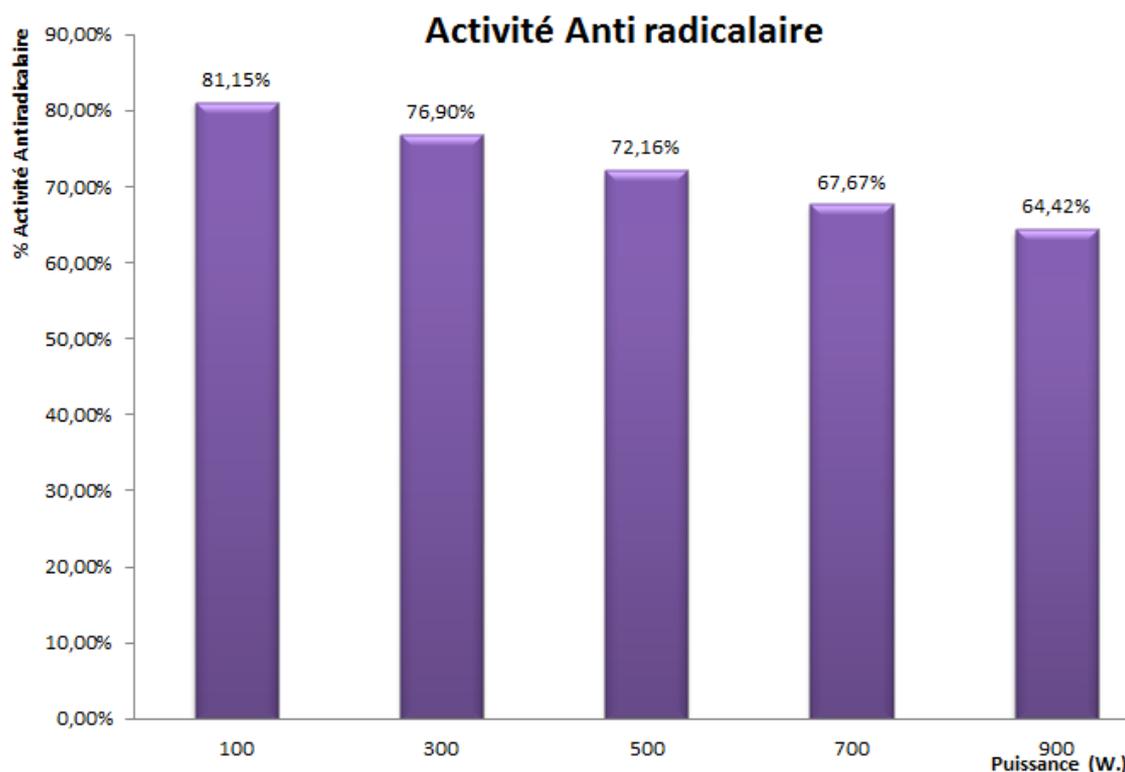


Figure 20: Pourcentage de l'activité antiradicalaire de *Zingiber officinale Roscoe*

### II.2.7. Les paramètres physico-chimiques du lait aromatisé

Le lait aromatisé a été préparé avec la poudre issue du gingembre séché à la puissance 100W., qui a donné les meilleures concentrations en différentes classes de substances bioactives (polyphénols et caroténoïdes) ainsi que le meilleur pouvoir scavenger du radical DPPH●.

Le suivi de l'acidité Dornic dans le temps nous a donné les résultats représentés dans le tableau IV

Tableau IV: Variation de l'acidité Dornic du lait à différentes concentrations de gingembre

Acidité		Blanc	0,50g / 100ml	0,75g / 100ml	1g / 100ml
Echantillon					
Temps					
1 <sup>er</sup> jour	00 h 00min	15	18	19	19
	02 h 30min	15	18	18	19
	05 h 00min	15	18	18	18
2 <sup>ème</sup> Jour	24 h 00min	16	18	18	18
	26 h 30min	16	17	18	18
	29 h 00min	17	17	18	18
3 <sup>ème</sup> Jour	48 h 00min	17	17	18	17
	50 h 30min	18	17	16	16
	53 h 00min	18	17	16	16
7 <sup>ème</sup> jour	168 h 00min	26	24	22	17

---

# Discussion générale

---

## Partie II: Partie pratique

### II.3. Discussion générale

Le résultat du taux d'humidité confirme ceux rapportés par les travaux antérieurs menés par Ding *et al.* (2012) et Jelled *et al.* (2015).

Concernant le séchage des échantillons aux microondes, deux fois plus de temps sont nécessaires pour le séchage à 100W comparativement au séchage à 300, 500, 700, 900W. Cela est dû au fait qu'aux puissances élevées, le chauffage est le même à la surface et qu'au cœur de l'échantillon alors qu'à de faible puissance (100W) ce dernier diffère (Hihat, 2015).

Les résultats du dosage des composés phénoliques contenus dans les différents extraits de gingembre sont comparés à ceux rapportés dans la littérature (Tableau V). En effet, à l'exception des travaux de Datta *et al.* (2011) et Jelled *et al.* (2015) qui ont rapporté une concentration supérieure à celle obtenue dans le présent travail (90 mg/g), les autres chercheurs ont rapporté des valeurs inférieures ne dépassant pas 30 mg/g.

**Tableau V:** Étude comparative des polyphénols totaux

	Valeur maximale*	Valeur minimale*
Concentration calculée	34,3 (100 W.)	21,18 (900 W.)
Ghasemzadeh <i>et al.</i> (2010)	13,5	10,22
Akinola <i>et al.</i> (2014)	30	-
Mukherjee <i>et al.</i> (2014)	16,95	-
Sangwan <i>et al.</i> (2014)		
Sonal et Kadimi (2014)	< 30	-
Danciu <i>et al.</i> (2015)		
Li <i>et al.</i> (2016)		
Chan <i>et al.</i> (2008)		
Datta <i>et al.</i> (2011)	-	> 90
Jelled <i>et al.</i> (2015)		

\* : Concentration (mg/g)

Pour le dosage des flavonoïdes, à l'exception d'Akinola *et al.* (2014) qui ont rapporté une valeur supérieure (90 mg/g) à celle obtenue dans notre étude, les autres travaux (Ghasemzadeh *et al.*, 2010; Jelled *et al.*, 2015) ont trouvé des teneurs inférieures qui sont de 3,90 mg/g et 13,52mg/g, respectivement.

La concentration en caroténoïdes des différents extraits sont supérieurs à celle trouvée par Sangwan *et al.* (2014) qui est de  $7 \cdot 10^{-3}$  mg/g.

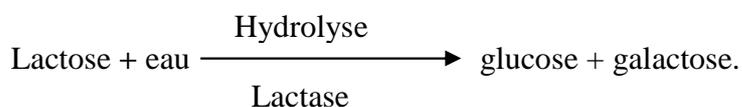
Toutes les études réalisées sur l'activité antioxydante du gingembre ont rapporté son pouvoir scavenger du radical DPPH<sup>•</sup>, en effet, les résultats de la présente étude ont montré une très

## Partie II: Partie pratique

---

bonne activité antioxydante par un taux d'inhibition assez important, ce dernier est proche de celui trouvé par Li *et al.* (2016) (90%), alors que les résultats trouvés par Ghasemzadeh *et al.* (2015) se situent entre 89% et 62,5%.

Concernant l'enrichissement du lait par la poudre de gingembre, le paramètre évalué est l'acidité Dornic, les valeurs obtenues pour le lait témoin augmentent en fonction du temps, ceci est le résultat d'une fermentation lactique qui est une réaction chimique entre les bactéries du lait et le lactose en provoquant ainsi la formation de l'acide lactique qui fait coaguler la caséine. En présence de lactase, enzyme sécrétée par les bactéries lactiques, le lactose est hydrolysé en glucose et galactose, puis le glucose est transformé à son tour en acide lactique selon les équations suivantes:



Concernant le lait additionné du gingembre, une diminution de l'acidité Dornic est enregistrée et ceci pour toutes les concentrations testées. En effet, une étude très récente menée par un groupe de chercheurs Egyptiens (Abdel-Naeem et Mohamed, 2016), a montré que le gingembre additionné à la viande stabilise son pH au cours de sa conservation. Une autre étude a rapporté aussi que la poudre de gingembre protège l'estomac d'un rat atteint d'un ulcère de l'estomac, en neutralisant l'acidité gastrique (Khushtar *et al.*, 2009).

---

# Conclusion

---

## Conclusion

---

### Conclusion

À travers notre étude, nous avons tenté d'apporter une modeste contribution en étudiant l'effet du séchage sur la qualité du gingembre. Nous avons suivis l'effet du chauffage sur les composés bioactifs du gingembre 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 gingembre séchées à différentes puissances (100, 300, 500, 700 et 900 W.), et à l'incorporation de la poudre de gingembre, qui a donné les meilleurs rendements en composés bioactifs, dans un lait UHT en suivant l'évolution de l'acidité Dornic en fonction du temps. Les résultats obtenus peuvent être résumés comme suit:

- Le dosage des polyphénols, des flavonoïdes, des caroténoïdes et la mesure de l'activité antiradicalaire montrent que les teneurs en ces composés ont été influencées par la puissance de séchage. La concentration en substances bioactives est inversement proportionnelle à la puissance du séchage, nous avons obtenus les meilleurs résultats pour la puissance 100 W.
- L'évaluation des paramètres physico-chimiques du lait aromatisé a révélé une variation de l'acidité Dornic du lait aromatisé avec de la poudre de gingembre séché à 100 W. à différentes concentrations (0,50 g/100 ml, 0,75 g/100 ml et 1,00g/100 ml). Cette incorporation a révélé une meilleure conservation du lait en augmentant la concentration de la poudre de gingembre. Cependant, une meilleure conservation du lait a été remarquée dans le lait incorporé avec de la poudre de gingembre dont la concentration est de 1g/100ml.

Cette étude mérite d'être poursuivie pour mieux se concentrer sur les bienfaits révélés en effectuant d'autres analyses. Il serait souhaitable de développer cette étude après l'incorporation de la poudre de gingembre dans le lait en mesurant les composés dosés qui sont:

- Les polyphénols
- Les flavonoïdes
- Les caroténoïdes
- La mesure de l'activité anti radicalaire *vis-à-vis* du radical libre DPPH<sup>•</sup>
- L'analyse microbiologique

## Conclusion

---

Comme Il serait intéressant aussi de réaliser une séance d'analyse sensorielle pour évaluer l'acceptabilité de la boisson formulée par le public.

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.

---

Références

bibliographiques

---

# Références bibliographiques

---

## Références bibliographiques

- Abbasi S. et Azari S., 2008, Novel microwave–freeze drying of onion slices, *International Journal of Food Science and Technology*, 1-6.
  - Abdel-Naeem H.H.S. et Mohamed H. M.H., 2016, Improving the physico-chemical and sensory characteristics of camel meat burger patties using ginger extract and papain, *Meat Science*, 118, 52-60.
  - Afanas'eva I.B., Ostrakhovitch E.A., Mikhal'chik E.V., Ibragimova G.A. et Korkina L.G., 2001, Enhancement of antioxidant and anti-inflammatory activities of bioflavonoidrutin by complexation with transition metals, *Biochemical Pharmacology*, 61, 677-684.
  - Ahouannou C., Jannot Y., Lips B. et Lallemand A., 2000, Caractérisation et modélisation du séchage de trios produits tropicaux: manioc, gingembre et gombo, *science aliments*, 20, 4-5.
  - Akinola A. A., Ahmad S. et Maziah M., 2014, total anti-oxidant capacity, flavonoid, phenolic acid and polyphenol content in ten selected species of zingiberaceae rhizomes, *Journal Traditionel of Complement Alternative Medecine*. 11, 7-13.
  - Alibas I., 2014, Mathematical modeling of microwave dried celery leaves and determination of the effective moisture diffusivities and activation energy, *Food Science and Technology*, S0101.
  - Ashraf K., Ahmad A., Chaudhary A., Mujeeb M., Ahmad S., Amir M., et Mallick N., 2014, Genetic diversity analysis of *Zingiber Officinale Roscoe* by RAPD collected from subcontinent of India, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 15, 159-165.
  - Atashak S., Peeri M., Azarbayjani M.A., et Stannard S.R., 2014, Effects of ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) supplementation and resistance training on some blood oxidative stress markers in obese men, *Journal of Exercise Science & Fitness*, 12, 26-30.
  - Azimi P., Ghiasvand R., Feizi A., Mitra Hariri M. et Abbasi B., 2015, Effects of cinnamon, cardamom, saffron, and ginger consumption on markers of glycemic control, lipid profile, oxidative stress, and inflammation in type 2 diabetes patients, the review of diabetic studies, 11, 258-266.
  - Bandyopadhyay M., Chakraborty R. et Raychaudhuri U., 2007, A process for preparing a natural antioxidant enriched dairy product (Sandesh), *LWT*, 40, 842-51.
-

## Références bibliographiques

---

- Bartels E.M., Folmer V.N., Bliddal H., R.D. Altman Juhl C., Tarp S., Zhang W. et Christensen R., 2015, Efficacy and safety of ginger in osteoarthritis patients: a meta-analysis of randomized placebo-controlled trials, *osteoarthritis and cartilage*, 23, 13-21.
  - Birlouez E., 2012, La quête des épices, moteur de l'histoire, *Phytothérapie*, 10,74–79.
  - Bouaziz H., Fki .I, Jemai H., Ayadi M., Sayadi S., 2008, Effect of storage on refined and husk olive oils composition, stabilization by addition of natural antioxidant from Chemlali olive leaves, *Food Chemistry*, 108, 253–262.
  - Bouras F.Z. et Houchi A., 2013, étude de l'activité antioxydante de la plante *Rumex Vesicarius L.*, mémoire de master académique, Université Kasdi Merbah Ouargla.
  - Brand-Williams W., Cuvelier M. E. et Berset C., 1995, Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 28, 25-30.
  - Chan E.W.C., Lim Y.Y., Wong L.F., Lianto F.S., Wong S.K., Lim K.K., Joe C.E. et Lim T.Y., 2008, Antioxidant and tyrosinase inhibition properties of leaves and rhizomes of ginger species, *Food Chemistry* 109, 477–483.
  - Charles D.J., 2013, Antioxidant properties of spices, herbs and other sources in ginger, 235-245.
  - Chia-chi C., 2002, estimation total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods , *journal of food and drug analysis* 10, 178-182.
  - Daily J.W., Yang M., Kim D.S. et Park S., 2015, Efficacy of ginger for treating type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials, *Journal of Ethnic Foods*, 2, 36-43.
  - Danciu C., Vlaia L., Fetea F., Hancianuc M., Coricovac D.E., Ciurlea S.A., Şoica C.M., Marincu L., Vlaia V., Dehelean C.A., et Trandafirescu C., 2015, Evaluation of phenolic profile, antioxidant and anticancer potential of two main representants of Zingiberaceae family against B164A5 murine melanoma cells, *Biological research*, 48, 1-9.
  - Datta C., Dutta A., Dutta D. et Chaudhuri S., 2011, Adsorption of polyphenols from ginger rhizomes on an anion exchange resin Amberlite IR-400 – Study on effect of pH and temperature, *procedia food Science*, 1, 893 – 899.
  - De Souza R.F. et De Giovanni W.F., 2004, Antioxidant Properties of Complexes of Flavonoids with metal ions, *Redox Report.* 9, 97-104.
  - Deaton C.H.M. et Marlin D.J., 2003, Exercise-associated oxidative stress, *Clin Tech Equine Pract*, 2, 278-91.
-

## Références bibliographiques

---

- Ding S.H., An K.J., Zhao C.P., Li Y., Guo Y.H. et Wang Z.F., 2012, Effects of drying methods on volatiles of Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe), *Food et bioproducts processing*, 90, 515-524.
  - Dugasani S., Pichika M.R., Nadarajah V.D., Balijepalli M.K., Tandra S. et Korlakunta J.N., 2010, Comparative antioxidant and anti-inflammatory effects of [6]-gingerol, [8]-gingerol, [10]-gingerol and [6]-shogaol, *J Ethnopharmacol*, 127, 515-20.
  - Elkirdasy A., Shousha S., Alrohaimi A.H. et Arshad M.F., 2015, Hematological and immunobiochemical study of green tea and ginger extracts in experimentally induced diabetic rabbits, *Acta Poloniae Pharmaceutica - Drug Research*, 72, 497-506.
  - Faivre Cl., Lejeune R., Staub H. et Goetz P., 2006, *Zingiber officinale* Roscoe, *Phytotherapie*, 2, 99-102.
  - FAO / OMS, 2015, Sur les normes alimentaires comité du codex pour les épices et les herbes culinaires, <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/F>, Consulté le 26 Mars 2016.
  - FAO/OMS, 2015, Document de discussion sur la contamination des épices par les mycotoxines, <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/F>, Consulté le 26 Mars 2016.
  - Fusco D., Colloca G., Lo Monaco M.R. et Cesari M., 2007, Effects of antioxidant supplementation on the aging process. *Clin Interv Aging*, 2, 377-87.
  - Gerber M., 1994, Olive oil and cancer, In «Epidemiology of Diet and Cancer», édition Ellis Horwood, 263-275.
  - Ghasemzadeh A., Jaafar H. Z. E. et Rahmat A., 2010, Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of Malaysia young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe), 15, 4324-4333.
  - Ghasemzadeh A., Jaafar H.Z.E. et Rahmat A., 2015, Optimization protocol for the extraction of 6-gingerol and 6-shogaol from *Zingiber officinale* var. rubrum Theilade and improving antioxidant and anticancer activity using response surface, *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 15, 1-10.
  - Ghiasvand N.S.R., Askari G., Hariri M., Leila Darvishi L. et Mofid M.R., 2013, Anti-Oxidative and Anti-Inflammatory Effects of Ginger in Health and Physical Activity: Review of Current Evidence, *International Journal prevision of medicine*, 4, 36-42.
  - Giacosa A., Guido D., Grassi M. Riva A., Morazzoni P., Bombardelli E., Perna S., Faliva M.A. et Rondanelli M., 2015, The Effect of Ginger (*Zingiber officinalis*) and Artichoke (*Cynara cardunculus*) Extract Supplementation on Functional Dyspepsia: A Randomised, Double-Blind, and Placebo-Controlled Clinical Trial, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 1-9.
-

## Références bibliographiques

---

- Gigon F., 2012, Le gingembre, une épice contre la nausée, *Phytothérapie*, 10, 87–91.
  - Gomar A., Hosseini A. et Mirazi N., 2014, Memory enhancement by administration of ginger (*Zingiber officinale*) extract on morphine-induced memory impairment in male rats, *Journal of Acute Disease* 212-217.
  - Gong F., Li F., Zhang W., Li J. et Zhang Z., 2012, Effect of crude flavonoids from tatar buckwheat on alloxan induced oxidative stress in mice, *Bangladesh Journal Pharmacological*, 7, 124-130.
  - Gutteridge J.M. et Mitchell J., 1999, Redox imbalance in the critically ill, *Br Med Bull*, 55, 49-75.
  - Haksar A., Sharma A., Chawla R., Kumar R., Arora R., Singh S., Prasad J., Gupta M., Tripathi R.P., Arora M.P., Islam F. et Sharma R.K., 2006, *Zingiber officinale* exhibits behavioral radioprotection against radiation-induced CTA in a gender-specific manner, *Pharmacol Biochem Behav*, 84, 179-88.
  - Harborne J.B. et Simmonds N.W., 1964, *Biochemistry of phenolic compounds*, edition academic, New York.
  - Heo H.J., Kim Y.J., Chung D., et Kim D.O., 2007, Antioxidant Capacities of Individual and Combined Phenolics in a Model System, *Food Chemistry*, 104, 87-92.
  - Hihat S., 2015, Cinétique de séchage assisté par micro-onde et ultrasons. Etude de cas: effet sur la qualité des substances bioactives du poivron rouge et de la coriandre, Mémoire de magister Alimentation et Technologie Alimentaire, Université A/Mira de Béjaia, Faculté des sciences de la nature et de la vie.
  - Huang C.L. et Sumpio B.E., 2008, Mediterranean diet and cardiovascular health. *American College of Surgeons*, 207 (03), 408–416. *Chemistry*. 127, 1521–1525.
  - Iroaganachi M., Eleazu C. et Okafor P., 2015, Effect of Unripe Plantain (*Musa paradisiaca*) and Ginger (*Zingiber officinale*) on Renal Dysfunction in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats, *Journal of the Pancreas*, 16, 167-170.
  - Jagetia G.C., Baliga M.S., Venkatesh P. et Ulloor J.N., 2003, Influence of ginger rhizome (*Zingiber officinale Roscoe*) on survival, glutathione and lipid peroxidation in mice after whole-body exposure to gamma radiation, *Radiat Res*, 160, 584-92.
  - Japon-Lujan R., Janeiro P. et Luque de Castro M.D., 2008, Solid-liquid transfer of biophenols from olive leaves for the enrichment of edible oils by a dynamic ultrasound assisted approach, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56, 7231–7235.
-

## Références bibliographiques

---

- Jelled A., Fernandes A., Barros L., Chahdoura H., Achour L., Ferreira I.C.F.R. et Ben Cheikha H., 2015, Chemical and antioxidant parameters of dried forms of ginger rhizomes, *Industrial crops and products*, 77, 30–35.
  - Keys A., Aravanis C. et Van Buchem H., 1981, The diet and all causes death rate in the seven countries study, *Lancet*. 2, 58-61.
  - Keys A. et Keys M., 1975, *How to Eat Well and Stay Well, the Mediterranean Way*; Doubleday and co., 325.
  - Khandouzi N., Farzad Shidfar F., Rajab A., Rahideh T., Hosseini P. et Mir Taher M.i, 2015, The Effects of Ginger on Fasting Blood Sugar, Hemoglobin A1c, Apolipoprotein B, Apolipoprotein A-I and Malondialdehyde in Type 2 Diabetic Patients, *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 14, 131-140.
  - Khodaie L. et Sadeghpour O., 2015, Ginger From Ancient Times to the New Outlook, *Jundishapur Journal National of Pharmalogical Production*, 10, 1-5.
  - Khushtar M., Kumar V., Javed K. et Bhandari U., 2009, Protective Effect of Ginger oil on Aspirin and Pylorus Ligation-Induced Gastric Ulcer model in Rats, *Indian J Pharm Sci.* 71, 554-558.
  - Kim H.S., Lee S.H., Byun Y. et Park H.D., 2015, 6-Gingerol reduces *Pseudomonas aeruginosa* biofilm formation and virulence via quorum sensing inhibition, *Scientific Reports*, 5, 1-11.
  - Konte M., 1999, *Le lait et les produits laitiers*, Université de Nouakchott, Faculté des sciences et techniques.
  - Korkina L.G. et Afanas'ev I.B., 1997, Antioxidant and chelating properties of flavonoids. *Adv. Pharmacological*, 38,151–163.
  - Krim M., 2014, *L'importance des antioxydants (Gingembre) dans la réduction des effets toxiques induits par les chromates chez les rats*, thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar – Annaba.
  - Lee C., Chiou L., Wang J., Chou S., Lan J.C., Huang T., Huang K. et Wang H., 2013, Functional Ginger Extracts from Supercritical fluid carbon dioxide extraction via in vitro et in vivo assays: Antioxidation, Antimicroorganism et Mice Xenografts models, *The ScientificWorld Journal*, 2013, 1-8.
  - Léger C.L., 2006, *Antioxydants d'origine alimentaire: diversité, modes d'action anti-oxydante, interactions*. EA Laboratoire Nutrition humaine et athérogenèse, Institut de biologie, Faculté de médecine Montpellier.
-

## Références bibliographiques

---

- Li Y., Hong Y., Han Y., Wanga Y. et Xiaa L., 2016, Chemical characterization and antioxidant activities comparison in fresh, dried, stir-frying and carbonized ginger, *Journal of Chromatography B*, 1011,223–232.
  - Makanjuola S.A., Enujiugha V.N., Omoba O.S. et Sanni D.M., 2015, Optimisation and prediction of antioxidant properties of a tea-ginger extract, *Food science and Nutrition*, 3, 443-452.
  - Masaki H., 2010, Role of antioxidants in the skin: anti-aging effects, *Journal of Dermatological Science*, 58, 85-90.
  - Mashhadi N.S., Ghiasvand R., Askari G., Hariri M., Darvishi L., et Mofid M. R., 2013, Anti-Oxidative and Anti-Inflammatory Effects of Ginger in Health and Physical Activity: Review of Current Evidence, *International journal of preventive medicine*, 4, S36–S42.
  - Medina-Navarro R., Duran-Reyes G., Diaz-Flores M. et Vilar-Rojas C., 2010, Protein Antioxidant Response to the Stress and the Relationship between Molecular Structure and Antioxidant Function, *PLoS ONE*, 5, 8971.
  - Mohammedi Z., 2013, Etude Phytochimique et Activités Biologiques de quelques Plantes médicinales de la Région Nord et Sud Ouest de l'Algérie. thèse de doctorat, Tlemcen.
  - Motawi T.K., Hamed M.A., Manal H., Shabana M.H., Hashem R.M. et Aboul Naser A.F., 2011, Zingiber officinale acts as a nutraceutical agent against liver fibrosis, *nutrition & metabolism* 2011, 8, 2-11.
  - Mukherjee D., Singh C. B., Dey S., Mandal S., Ghosh J., Mallick S., Hussain A., Swapana N., Ross S.A. et Pal C., 2016, Induction of apoptosis by zerumbone isolated from Zingiber zerumbet (L.) Smith in protozoan parasite Leishmania donovani due to oxidative stress, *The Brazilian Journal of infectious diseases*, 20, 48–55.
  - Mukherjee S., Mandal N., Dey A. et Mondal B., 2014, An approach towards optimization of the extraction of polyphenolic antioxidants from ginger (*Zingiber officinale Roscoe*), *Journal of Food Science and Technology* 51, 3301–3308.
  - Naderi Z., Mozaffari-Khosravi H., Dehghan A., Nadjarzadeh A., et Fallah Huseini H., 2015, Effect of ginger powder supplementation on nitric oxide and C-reactive protein in elderly knee osteoarthritis patients: A 12-week double-blind randomized placebo-controlled clinical trial, *Journal of traditional and complementary medicine* xxx, 1-5.
  - Nandkangre H., Ouedraogo M. et Sawadogo M., 2015, Caractérisation du système de production du gingembre (*Zingiber officinale Roscoe*) au Burkina Faso: Potentialités,
-

## Références bibliographiques

---

- contraintes et perspectives, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9, 861-873.
- Ok S. et Jeong W.S., 2012, Optimization of Extraction Conditions for the 6-Shogaol-rich extract from Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe), *Previsional and Nutritional Food Sciences*, 17, 166-171.
  - Polyakov N.E., Leshina T.V., Salakhutdinov N.F., Konovalova T.A. et Kispert L.D., 2006, Antioxidant and redox properties of supramolecular complexes of carotenoids with beta-glycyrrhizic acid. *Free Radic Biol Med*, 40, 1804-9.
  - Prasad S. et Tyagi A.K., 2015, Ginger and Its Constituents: Role in Prevention and Treatment of Gastrointestinal Cancer, *Gastroenterology Research and Practice*, 2015, 1-11.
  - Rahman K., 2007, Studies on free radicals, antioxidants, and co-factors. *Clin Interv Aging*, 2, 219–36.
  - Rahnema P., Montazeri A., Huseini H.F., Kianbakht S. et Mohsen Naseri M., 2012, Effect of *zingiber officinale* r. rhizomes (ginger) on pain relief in primary dysmenorrhea: a placebo randomized trial, *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 12, 2-8.
  - Rao A.V. et Rao L.G., 2007, Carotenoids and human health, *Pharmacol Res*, 55, 207-16.
  - Ratnaningrum D., Budiwati A.T., Kosasih W. et Pudjiraharti S., 2015, Sensory and physicochemical evaluation of instant ginger drinks fortified with DFA III, *procedia chemistry*, 16, 177-183.
  - Rhode J., Fogoros S., Zick S., Wahl H., Griffith K.A., Huang J. et Liu J.R., 2007 Ginger inhibits cell growth and modulates angiogenic factors in ovarian cancer cells, *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 7, 1-9.
  - Salta F.N., Mylona A., Chiou A., Boskou G. et Andrikopoulos N.K., 2007, Oxidative rutin by complexation with transition metals, *Biochemical Pharmacology*, 61, 677-684.
  - Sangwan A., Kawatra A. et Sehgal S., 2014, Nutritional composition of ginger powder prepared using various drying methods, *Journal of Food Science and Technology*, 51, 2260–2262.
  - Sass-Kiss A., Kiss J., Milotay P. et Kerek M.M., 2005, Toth-Markus M., Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables, *Food Research International* 38, 1023–1029.
  - Semwal R.B., Semwal D.K., Combrinck S. et Viljoen A.M., 2015, Gingerols and shogaols: Important nutraceutical principles from ginger, *phytochemistry*, 117, 554–568.
-

## Références bibliographiques

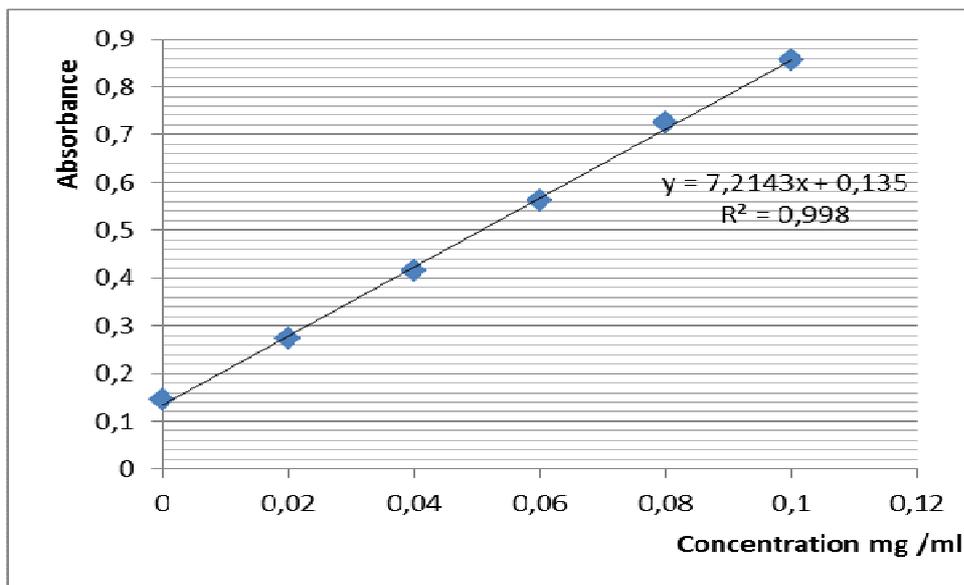
---

- Singh M., Khan M.M.A. et Naeem M., 2014, Effect of nitrogen on growth, nutrient assimilation, essential oil content, yield and quality attributes in *Zingiber officinale* Roscoe, Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 1-8.
  - Sonale R.S.et Kadimi U.S., 2014, Characterization of gingerol analogues in supercritical carbon dioxide (SC CO<sub>2</sub>) extract of ginger (*Zingiber officinale* R.), Journal of food science and technology, 51, 3383–3389.
  - Stahl W.et Sies H., 2005, Bioactivity and protective effects of natural carotenoids, Biochim Biophys Acta, 1740, 101-7.
  - Talbi H., Boumaza A., El-mostafa K., Talbi J. et Hilali A., 2015, Evaluation de l'activité antioxydante et la composition physico-chimique des extraits méthanolique et aqueux de la *Nigella sativa* L. (Evaluation of antioxidant activity and physico-chemical composition of methanolic and aqueous extracts of *Nigella sativa* L., Mater. Environ. Sci, 6, 1111-1117.
  - Tanaka K., Arita M., Sakurai H., Ono N. et Tezuka Y., 2015, Analysis of chemical properties of edible and medicinal ginger by metabolomics approach , bioMed research international, 2015, 1-7.
  - Venkateswarlu S., Krishnaraju A. V., Sushruta K., et Subbaraj G.V., 2002, Antioxidant activity of tetrahydrocurcumin. Asian Journal of Chemistry, 14, 409-412.
  - Vignola C.L., 2002, Science et technologie du lait, Ed. presses internationales polytechniques Québec, 1-30.
  - Zoughlache S., 2008, Etude de l'activité biologique des extraits du fruit de *Zizyphus lotus* L., mémoire magister, Université -El Hadj Lakhder –Batna.
-

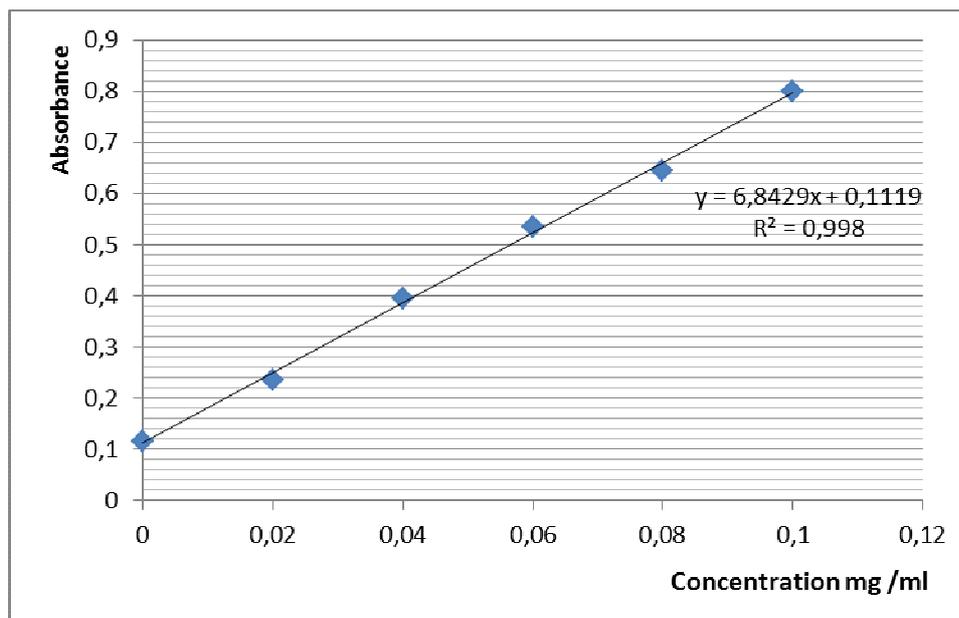
---

# Annexes

---

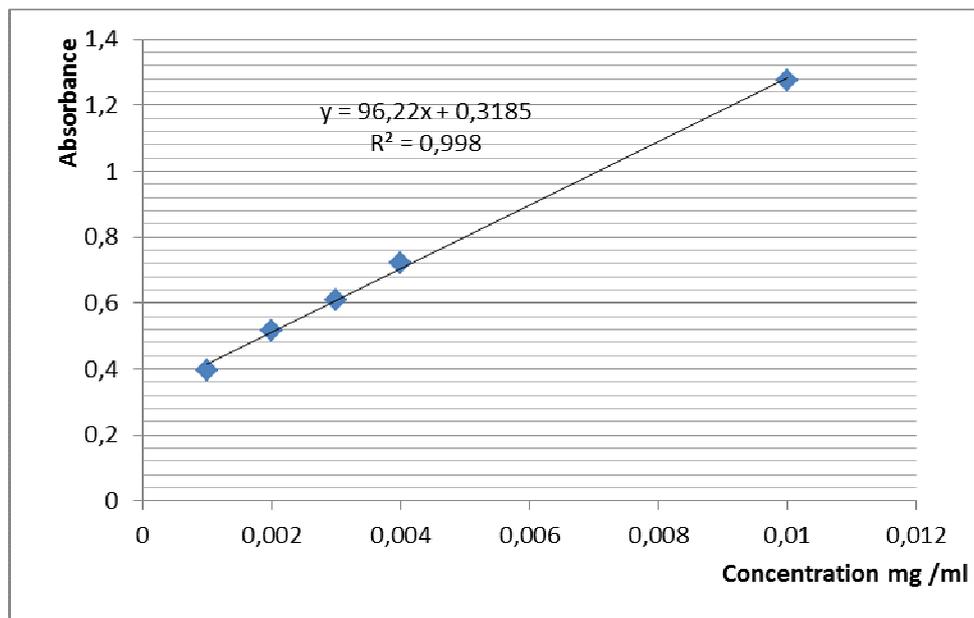


**Figure 21:** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour les polyphénols



**Figure 22:** Courbe d'étalonnage de l'épi catéchine pour les flavonoïdes

---



**Figure 23:** Courbe d'étalonnage de β carotène pour les caroténoïdes

### **Matériels de laboratoire**

Microonde SAMSUNG model ME 8123ST

Broyeur IKA model A11 basic

Tamiseur RETSH AS 200 central

Centrifugeuse

Vortex

Spectrophotomètre UV visible

Balance Analytique

Plaque agitatrice et chauffante

Centrifugeuse nüve NF 200

Papier filtre N°4

### **Produits chimiques**

Ethanol

Eau distillée

Folin ciocalteu

Carbonate de sodium  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Chlorure d'aluminium  $\text{AlCl}_3$

Nitrite de sodium  $\text{NaNO}_2$

---

# Annexes

---

La soude NaOH

Hexane

Acétone

Methanol

DPPH

Acide Gallique

$\beta$ -Carotène

---

## Résumé

Le gingembre est scientifiquement connu sous le nom *Zingiber officinale Roscoe*, il est utilisé par l'Homme depuis plus de 2000 ans comme épice et plante médicinale.

Notre présent travail est subdivisé en trois étapes:

- La première partie est consacrée au séchage de *Zingiber officinale Roscoe* aux microondes à différentes puissances (100, 300, 500, 700, 900 W.).
- La deuxième partie est consacrée à l'extraction des composés phénoliques à partir des poudres obtenues et à l'évaluation de leur activité antioxydante.
- La dernière est axée sur l'incorporation de la poudre de gingembre séchée à la puissance 100 W. au lait UHT et le suivi de l'acidité Dornic au cours du temps.

## Les mots clés

*Zingiber officinale Roscoe*, le séchage, les polyphénols, les flavonoïdes, les caroténoïdes, l'activité antioxydante, lait et acidité titrable.

## Summary

The ginger is scientifically known under the name *Zingiber officinal Roscoe*, it is used by the Man for more than 2000 years as spice and medicinal plant.

Our present work is subdivided into three stages:

- The first part is devoted to drying *Zingiber officinale Roscoe* to microwaves at different powers (100, 300, 500, 700, 900 W.).
- The second part is dedicated to the extraction of phenolic compounds from the obtained powder and evaluat
- ion of their antioxidant activity.
- The last is centered on the enlistment of the powder of ginger dried in power 100 W. in the milk UHT and the monitoring of acidity Dornic in the course of time.

## Words keys

*Zingiber officinale Roscoe*, *Drying*; *Polyphénols*, *Flavonoïds*, *Caroténoïds*, *Antioxidant Activity*, *Milk and titratable acidity*.