

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES
DEPARTEMENT DE TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE



*En vue de l'obtention du diplôme
De MASTER en GENIE DES PROCEDES*

Option : Qualité et conservation des aliments

Thème

EFFET DU TRAITEMENT THERMIQUE ET CHIMIQUE
SUR LA PHYSICO-CHIMIE DE LA PATE D'AIL

Soutenu le : 06-07-2017

par : M^{lle} BOUMAZA IMENE
M^{lle} BELAL SAFIA

Jury de soutenance :

Président : M BENAKMOUME .A

Promoteur : BELARBI .A

Examineurs : ANNOU .S

Examineurs : SMAILI .S

(MCA) UMBB

(MAB) UMBB

(MAA) UMBB

(MAB) UMBB

Année universitaire 2016/2017

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté pour réaliser ce mémoire.

Nos remercions vivement Monsieur BENAKMOUM.A chef de département de technologie Alimentaire.

Nos remercions particulièrement Madame BELARBI.A Notre promotrice, enseignante à l'UMBB , de nous avoir confié ce travail et d'accepter de nous encadrer et de nous diriger.

Nous sommes conscientes de l'honneur que nous ont fait l'ensemble des membres de jury d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je tiens à adresser mes remerciements les plus sincères à Zemouri Zineb . Etudiante à l'université de Boumerdes (UMBB) j'exprime ma profonde gratitude pour son aide et sa disponibilité.

Mes remerciements vont également à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail en particulier les laborantins(es) du DTA BOURNISSA .H, Farida ,Chahira ,samia.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos enseignants du département génie alimentaires

**IMENE
SAFIA**

Dédicace

*Au nom d'Allah, le Tout Clément,
le Très Miséricordieux*

*Tout d'abord je remercie Dieu le tout puissant
de m'avoir donné la santé et la volonté
pour réaliser ce mémoire.*

- *A mon père qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir
et réussir dans le parcours de l'enseignement. Celui qui est mon
exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de
bonheur, **que Dieu te garde pour nous mon papa.***
- *A ma très chère mère, la lumière de mes jours, la source
de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, qui m'a accompagné durant
les moments les plus dures de ce long parcours
de mon éducation, celle qui a fait preuve d'aide dans mes nombreux projets pour me
permettre de goûter le fardeau de ce monde et de chercher la voie de ma vie avec ces précieux
conseils. **A maman que j'adore.***
- *A mon grand père, ma grande mère à qui je m'adresse au ciel les
Vœux pour la conservation de leur santé et de leur vie.*
- *A mes chères Sœurs et mes chers frères pour leur soutien moral et leurs sacrifices le
long de ma formation :*

❖ **NOUREDDINE.KARIM.KHELED.MOHAMED**

❖ **Mes chères NORA,SAIDA,AMEL.**

❖ **A mes neveu et niece LYES,AMINE,SÉRINE,bouchra,ISRAA.**

❖ **A mes belle Soeurs HORJA,SABRINA**

❖ **A TOUT la famille BOUMAZA.**

❖ **A tous mes enseignants et mes Collègues de FSI.**

❖ **A mon amie et Binôme SAFIA et sa famille.**

A toute la promotion de MASTER MGIA 2017 et à toute personne qui me connaît

Dédicace

Me voilà aujourd'hui arrivée à un jour particulier de ma vie, ou de longues années d'effort ont donné enfin leurs fruits. Mais seule je n'y serai jamais arrivée. C'est pour cela que je tiens à rendre hommage à tous ceux qui m'ont soutenu.

Je dédie ce travail à :

- *Qui m'a enseigné le sens de la vie et qui a sacrifié pour me voir réussi, mon très cher **père**; ce travail est le fruit de tes sacrifices, ton éducation, tes confort moraux et matériels que tu m'as apporté : sans toi je ne s'aurais pas arrivé jusqu'ici. Je remercie pour ta tendre affection et ton abnégation.*
- *Celle que mes yeux l'ont vu la première, ma très adorable **mère** ; tu es pour moi un tout et un bijou auquel j'attache un précieux prix en vertu de toute ton affection digne d'une mère résolue et acquise ; sans toi je n'aurais pas vu le jour, toi qui m'as toujours soutenue inébranlablement.*
- *Pour mes frères. **KHELED,KAMEL,MOHAMED,RABEH,RACHID,MORA***
- *A mon cher époux **ALI***
- *A mes belle sœur **NESRINE,HADJER,ASSIA***
- *A mon amie et binôme **IMENE** et toute sa famille.*

A toute la promotion de MASTER de MGIA 2017.

SAFIA

SOMMAIRE

Sommaire

Introduction et objectif du travail.....	1
--	---

I. ETAT DE L'ART

1. Origine géographique de l'ail.....	4
2. Description botanique.....	4
2.1. Classification.....	5
2.2. Variété d'ail.....	6
3. Production de l'ail.....	7
3.1. Production de l'ail dans le monde.....	7
3.2. Production de l'ail en Algérie.....	7
4. Composition chimique de l'ail.....	8
4.1. Composés volatiles	9
4.2. Composés non volatils	11
4.2.1. Les principaux composés organosulfurés	11
4.2.1.1. L'alliine.....	11
4.2.1.2. L'allinases	11
4.2.1.3. L'allicine.....	12
4.2.1.4. L'ajoène.....	13
4.2.1.5. L'acide pyruvique.....	13
5. Les composés phénoliques.....	14
6. Utilisation de l'ail.....	15
6.1. Utilisations et propriétés des composés non volatils.....	15
6.1.1. Propriétés antimicrobiennes.....	16

6.1.2 Propriétés antioxydants.....	16
6.1.3. Propriétés anti-inflammatoires.....	17
6.1.4. Propriétés antinéoplasiques.....	17
6.1.4. Propriétés antinéoplasiques.....	17
6.1.6. Propriétés hypocholestérolémiantes, diminution du taux de lipides sanguins et de l'athérosclérose.....	17
6.1.7. Effet sur la digestion.....	18
6.1.8. Propriétés hypoglycémiantes.....	18
7. Conservation et transformation de l'ail.....	18
7.1. Traitement.....	19
7.2. La transformation de l'ail en pâte.....	20
8. La conservation traditionnelle de l'ail en Algérie.....	20
9. L'effet des traitements sur la qualité	21
9.1. La couleur.....	21
9.2. Les réactions de brunissement.....	21
9.2.1. Le brunissement enzymatique.....	21
9.2.2 Le brunissement non enzymatique.....	22
9.2.3 Brunissement de l'ail.....	22

II.MATERIEL ET METHODES

1. Préparation des échantillons.....	23
1.1. Caractéristiques physiques de l'ail.....	23
1.2. Calcule du temps nécessaire pour arriver à une température de 70 °C au cœur du produit.....	24

2.1. Détermination de la teneur en eau et de l'extrait sec.....	25
2.2. Mesure du pH	26
2.3. Détermination de la teneur en polyphénols totaux.....	27
2.4. Dosage des sucres totaux.....	28
2.5. Dosage de l'acide pyruvique.....	28
2.6. Mesure de la couleur	29

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Caractérisation de la matière première avec et sans blanchiment.....	31
2. La teneur en eau.....	31
3. Le pH.....	33
4. Les polyphénols totaux.....	34
5. La teneur en sucre	37
6. Acide pyruvique.....	39
7. La couleur.....	40
Conclusion.....	46.

Références bibliographiques

Annexes

Liste des tableaux

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Classification de l'ail	6
Tableau 2: Composition de l'ail.....	9
Tableau 3: Données géométriques.....	23
Tableau 4: Propriétés thermiques de l'ail.....	24
Tableau 5: Caractéristiques physico-chimiques de l'ail avant et après traitement thermique.....	31

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Le plant de l'ail.....	5
Figure 2 : Production d'ail dans le monde 1994-2014 (Source FAO, 2017).....	7
Figure 3 : Production d'ail en Algérie 1994-2014 (Source FAO, 2017).....	8
Figure 4 : Transformation de l'alliine en allicine et Acide pyruvique, et de l'allicine en disulfure d'allyle (Garnier et al., 1961).....	10
Figure 5 : Représentation de la molécule d'alliine (Agarwal, 1996).....	11
Figure 6 : DiallylThiosulfinate : Allicine (Agarwal, 1996).....	12
Figure 7 : Représentation de la molécule d'ajoène (Agarwal, 1996).....	13
Figure 8 : Représentation de la molécule d'acide pyruvique (Agarwal, 1996).....	14
Figure 9 : Représente le dosage de polyphénols totaux.....	27
Figure 10 : Evolution de la teneur en eau en fonction du temps.....	32
Figure 11 : Evolution du pH en fonction du temps.....	34
Figure 12 : Evolution de la teneur en polyphénols totaux en fonction du temps.....	36
Figure 13 : Evolution de la teneur en sucre en fonction du temps.....	38
Figure 14 : Evolution de la teneur en acide pyruvique en fonction du temps.....	40
Figure 15 : Evolution du paramètre trichromatiques b^* en fonction du temps.....	42
Figure 16 : Evolution de ΔE en fonction du temps.....	44
Figure 17 : Evolution de C^* en fonction du temps.....	45

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES ABREVIATIONS

AFNOR : Association Française de Normalisation

aw : activité de l'eau

ADP: adenosine diphosphate

ATP : adenosine triphosphate

DO : Densité Optique

DADS : diallyl disulfures

EAG : Equivalent Acide Gallique

HDL: High Density Lipoprotéines

HPLC: Hight performance liquid chromatography

LHL: low density lipoprotéines

M.S: matière sèche

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

POD : peroxydase

PPO : polyphénols oxydase

PT : phénols totaux

pH : potentiel d'hydrogène

RESUMES

Résumé

L'ail est une épice semi-périssable. Le coût du légume ou de l'épice brute fluctue considérablement sur le marché algérien. Des techniques de transformation sont nécessaires pour tenir compte de l'excédant de production. Dans le cadre de la valorisation des savoir-faire, notre étude a porté sur un condiment à base d'ail traditionnellement préparé dans la région d'aïth-Abass – Ighil-Ali, Wilaya de Bejaia. Trois paramètres ont été pris en considération : le salage avec des concentrations en sel (0% – 2,5% – 5% – 10% – 20%), le blanchiment à 90 °C pendant 7 min et le temps. Les échantillons sont conditionnés dans des bocaux ouverts et maintenus à température ambiante. L'évolution des principaux critères de qualité du produit en fonction du temps ont été mesurés: la teneur en eau, le pH, la teneur en sucre, la teneur en phénols totaux (PT), la teneur en acide pyruvique et la couleur.

Nous avons constaté que le pH n'évolue pas pour les échantillons des deux séries sauf pour les concentrations en sel de 0% et 2,5 % de la série 1. Le blanchiment a empêché le brunissement mais les teneurs en PPT et en acide pyruvique sont élevées. La concentration en sel a favorisé le brunissement et la perte de la teneur en acide pyruvique. La couleur de la pâte d'ail a été affectée par la concentration en sel et la période de stockage. La différence totale de couleur (ΔE) a été divisée en deux périodes linéaires avec des pentes différentes pour la série 1 et stable pour la série 2.

Mots clés: ail- salage- - -phénols totaux - blanchiment.

Summary

Garlic is a semi-perishable spice. The cost of the raw vegetable or spice fluctuates considerably in the Algerian market. Processing techniques are necessary to account for the surplus production. As part of the valorization of know-how, our study focused on an garlic-based condiment traditionally prepared in the region of aïth-Abass - Ighil-Ali, Wilaya of Bejaia. Three parameters were reconsidered: salting with salt concentrations (0% - 2.5% - 5% - 10% - 20%), bleaching at 90 ° C. for 7 min and time. The samples are packed in open jars and maintained at room temperature. The evolution of the main quality criteria of the product as a function of time was measured: water content, pH, sugar content, total phenol content (PT), pyruvic acid content and color.

We found that pH does not change for samples in both series except for the 0% and 2.5% salt concentrations in Series 1. Bleaching prevented browning but the PPT and pyruvic acid are high. The salt concentration favored browning and loss of pyruvic acid content. The color of the garlic paste was affected by the salt concentration and the storage period. The total color difference (ΔE) was divided into two linear periods with different slopes for series 1 and stable for series 2.

Key words: garlic-salting- total phenols-bleaching.

خلاصة القول

الثوم هو من التوابل شبه القابلة للتلف. تكلفة الخضار النيئة أو التوابل الخام يتغير بشكل كبير في السوق الجزائري. تقنيات التحول ضرورية للأخذ بعين الاعتبار الإنتاج الزائد وكجزء من تعزيز المعرفة تركزت دراستنا بهار القائم على الثوم أعدت تقليدياً في منطقة ايت-عباس - إغيل علي، ولاية بجاية. واعتبرت ثلاث معايير: التملح مع تركيز الملح (0% - 2.5% - 5% - 10% - 20%)، وتبييض عند 90 درجة مئوية لمدة 7 دقائق والوقت. هي مشروطة العينات تم تخزينها والاحتفاظ بها في درجة حرارة الغرفة. تم قياس تطور المعايير الرئيسية لجودة المنتج مع مرور الوقت: محتوى الماء، ودرجة الحموضة ومحتوى السكر، والمحتوى من محتوى الفينول (PT)، محتوى حمض البيروفيك واللون. لقد استنتجنا أن الرقم الهيدروجيني لا يتغير لعينات من السلسلتين باستثناء تركيزات 0% ملح و 2.5% سلسلة 1. تبييض منع الاحمرار ولكن مستويات PPT وحمض البيروفيك مرتفعة. تركيز الملح تعزيز الاسمرار وفقدان محتوى حمض البيروفيك. وقد تأثر لون معجون الثوم من تركيز الملح وفترة التخزين. تم تقسيم المجموع الكلي للفرق اللون (ΔE) في فترات سطرين مع منحدرات مختلفة لسلسلة 1 وسلسلة 2 مستقرة.

الكلمات الدالة: طحن الثوم- حمض بيروفيك-إجمالي الفينول-تبييض

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'ail (*Allium sativum* L.) est une herbe bulbeuse de la famille Liliaceae et étroitement liée à l'oignon. La plante remonte à 5000 ans au Moyen-Orient, où elle était l'une des premières plantes cultivées de l'humanité. Généralement utilisé à des fins culinaires comme épice, l'ail est également très apprécié en raison de ses propriétés thérapeutiques et médicales, tant dans la médecine traditionnelle que dans la médecine moderne. L'ail utile pour lutter contre la dysenterie, lutter contre les parasites, la désintoxication, abaisser la fièvre et soulager les maux d'estomac.

L'ail est consommé soit comme légumes crus (feuilles fraîches ou gousses séchées), soit après le traitement sous forme d'huile, d'extrait et de poudre, des différences prononcées dans la composition chimique et, par conséquent, la teneur en composés bioactifs est observée entre les différents ails disponibles Formulations (Lanzotti, Scala, & Bonanomi, 2014).

L'allicine est le composant principal de l'ail. Ce composé est un agent antibactérien, antifongique et antibactérien solide et libéré lorsque ses bulbes sont écrasés (Ankri et Mirelman, 1999). L'ail contient 32 composés additionnels de soufre et 17 acides aminés. L'ail frais se caractérise par une odeur aromatique distincte, qui est rarement transmis à l'ail traité (Pezzutti et Crapiste, 1997). La qualité des produits à base d'ail est évaluée en fonction de leurs caractéristiques sensorielles, principalement de la couleur et de l'intensité de la saveur ou de goût piquant.

À l'heure actuelle, en Algérie, l'ail est principalement transporté au marché, en vrac ou en bottes. Un faible pourcentage est séché par des méthodes classiques pour maintenir sa qualité pour un stockage prolongé. Le processus de séchage et les changements phénoménologiques qui se produisent pendant le séchage affectent de manière marquée les caractéristiques de qualité du produit telles que la couleur, la saveur et la texture (Prachayawarakorn et al., 2004). Cependant, comme l'ail est une épice semi-périssable, des techniques de transformation sont également nécessaire pour tenir compte de l'excès de production. En dehors de cela, le coût du légume d'épices brutes fluctue considérablement sur le marché algérien ; En conséquence, la demande de produits prêts à l'emploi a augmenté récemment. Par conséquent, il est urgent d'explorer un autre processus de conservation de l'ail.

Introduction

Un autre avantage est que l'excédent de la partie non commercialisable de l'ail peut être utilisé pour la fabrication de la pâte. La confection de la pâte d'ail consiste essentiellement en l'épluchage des gousses, suivi par le broyage et l'ajout de conservateurs et d'épices. Le procédé se termine par l'ajout de l'huile d'olive à la pâte, qui est finalement conditionné dans des jarres en terre cuite qui ont été remplacées par des pots en verre.

Un obstacle à la fabrication de la pâte d'ail est la coloration par oxydation des composants phénoliques. Lukes (1986) a indiqué que l'acide aminé S-(1-propényl) cysteine sulfoxyde était responsable du développement de la couleur verte et a recommandé que les gousses d'ail soient stockées à une température égale ou au-dessus de 23 ° C pendant au moins un mois pour empêcher le verdissement du produit. Cependant, aucune information spécifique n'est disponible sur la production de pâte et son verdissement lors de la préparation et du stockage.

Certaines méthodes pour la préparation de la pâte d'ail sont basées sur l'inactivation de l'alliinase, qui donnerait lieu à des composés odorants et irritants. Les gousses d'ail sont chauffées à 99-120 ° C par de l'eau chaude, de la vapeur ou des micro-ondes avant le broyage (Sumi et al., 1987). Le liquide obtenu par pressage est mélangé avec de la farine de soja ou de la farine de lait de soja pour former une pâte. La pâte d'ail qui en résulte manque d'odeur d'ail indésirable, mais conserve encore une excellente saveur et peut être utilisée dans les sauces pour la viande rôtie, les boissons nutritives, le beurre d'ail, le sel d'ail, les collations, les craquelins de riz, etc. Autres méthodes de fabrication de la pâte d'ail avec le même goût que l'ail frais décrit précédemment (Sica-sol 1969, Bernhardt et Delazari, 1980) sont basés sur la préparation d'une pâte d'ail salée par addition de NaCl pour assurer une apparence agréable et une bonne durée de conservation.

Le brunissement est également un problème lors de la préparation et du stockage de l'ail. Le brunissement est une réaction irréversible causée par les composants réactifs dans les aliments activés pendant le traitement. Le développement de la couleur est le résultat de diverses réactions telles que les réactions de brunissement non enzymatique et la destruction des pigments (Wong et Stanton, 1993). Pour que le brunissement enzymatique se produise, quatre composants essentiels doivent être présents: oxygène, enzyme, cuivre et substrat. Les additifs contenant du sulfate ont été largement utilisés comme agents contre le brunissement pour garder la couleur des légumes et des fruits frais. Étant donné que les sulfites ont été liés à des

Introduction

réactions allergiques, la Food and Drug Administration (FDA) interdit l'utilisation de conservateurs de sulfite dans les légumes et les fruits frais (Langdon, 1987).

L'utilisation d'acide citrique et d'acide ascorbique a été rapportée pour empêcher le brunissement enzymatique. L'acide ascorbique est un agent réducteur très efficace. L'acide citrique a un double effet inhibiteur sur la phénolase, abaissant le pH du milieu et chélatant la partie cuivre de certaines phénolases. L'acide citrique a également un effet protecteur sur l'acide ascorbique et tend à ralentir son auto-oxydation. La forte propriété de chélation de l'acide citrique entraîne la séquestration de métaux traces qui ont un effet néfaste sur l'acide ascorbique.

Cette étude est la suite des travaux réalisés l'année dernière 2015--2016. Elle tente de déterminer l'effet des conditions de traitement et des prétraitements sur les caractéristiques physico-chimique de la pâte d'ail.

L'objectif principal est, d'une part, la compréhension des réactions physico-chimiques de la pâte d'ail préparée dans la région d'Ighil-Ali – W. de Bejaia et d'autre part l'effet du traitement thermique sur la qualité.

Les objectifs secondaires :

- L'effet du sel sur la physicochimie de la pâte d'ail ;
- L'effet du traitement thermique sur la physicochimie de la pâte d'ail ;
- Etude cinétiques d'évolution de certains paramètres.

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART

Etude bibliographique

1. Origine géographique de l'ail

L'ail est originaire d'Asie centrale on pense qu'il dérive de l'espèce asiatique *Allium longicuspis*. On a retrouvé des gousses d'ail en argile datant de 3750 ans avant J-C. Il s'est répandu progressivement en Extrême-Orient, en Arabie, en Egypte et dans le bassin méditerranéen, transporté par les marchands au gré des routes commerciales.

Tous les médecins antiques lui ont reconnu des vertus contraceptives bactéricides, diurétiques, laxatives, vermifuges antitussif. En Sibérie, on en sert pour guérir les infirmes et rajeunir les vieux. En Egypte, dès l'époque pharaonique, on remarque ses propriétés nutritives (Edetrant, 2002).

L'ail est considéré au niveau thérapeutique et nutritionnel comme l'épice de vie depuis l'aube des temps on prête d'ailleurs à cette plante d'innombrables vertus, anti bactérienne (Cavallito et al., 1944), anti-cholestérol (Sterling et Eagling, 2001), anti tumoral (Reuter et al.,1996). L'extrait d'ail est utilisé comme antidote contre les morsures de vipères ou les piqures de scorpions.

2. Description botanique

L'ail cultivé, ou *Allium sativum* L, est une plante monocotylédone, vivace donnant des caïeux (gousses d'ail, bulbilles) appréciés dans le domaine culinaire pour leur goût et leur odeur caractéristiques. La figure 1 représente la plante. La partie souterraine se compose d'un bulbe composé pourvu de nombreuses racelles fibreuses. Le bulbe se prolonge à la surface en une tige entourée de feuilles engainantes, linéaires, planes et lisse, mesurant 1 à 2,5 cm de large et 30 à 60 cm de long. Les inflorescences sont ombelles. De petites bulbilles sont produites dans les inflorescences. Les fleurs sont variables en nombre et parfois absentes. Rarement ouvertes, elles peuvent se défraichir dans le bourgeon. Les fleurs sont installées au bout de pédicelles minces et se composent d'un périanthe de 6 pièces d'environ 4-6 mm de long, rosâtre ou blanc, en cloche ; de 6 étamines ; et d'un ovaire supère triloculaire. Le fruit est une petite capsule à déhiscence loculicide. Les graines sont rarement voire jamais produites (Farnsworth et al., 1992 ; Youngken H .W., 1950 et Coste H., 1937; Girre,1980).

Les gousses rassemblent 12 à 16 bulbilles. Ces derniers ont un diamètre de 5 à 10 mm et sont composées d'une enveloppe externe, d'un épiderme renfermant un mésophyllenon chlorophyllien, de parenchyme et d'une assise de cellules épidermiques inférieures (World Health Organisation (WHO), 1999).



Figure 1 : Le plant de l'ail.

2.1. Classification

La classification systématique de l'ail est exposée dans le tableau 1. Celle-ci fit récemment l'objet d'une modification toujours sujette à controverse, certains scientifiques classant le genre *Allium* dans la sous-famille de *Liliaceae*, voire des *Amaryllidaceae*, et non dans une famille à part entière, celle des *Alliaceae* (Lambinon et al., 2004).

Tableau 1 : Classification de l'ail commun d'après Lambinon et al. (2004).

Règne	Plante
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Liliopsides
Sous- classe	Liliidae
Ordre	Liliales
Famille	<i>Alliaceae</i>
Genre	<i>Allium</i>
Espèce	<i>Allium sativum L</i>

2.2. Variété d'ail

Il existe 2 grandes familles d'ail : l'ail d'automne (ophioxorodon) et l'ail de printemps (sativum). Le premier est planté d'octobre à novembre, dans la zone du littoral et l'autre est mis en terre entre décembre et début janvier, dans les zones de l'intérieures. Dans les deux cas, la récolte a lieu en avril – mai (ITCM, 2010).

L'ail blanc : ail d'automne de variété Messidore ou thermidrome qui fleurit début du printemps.

L'ail rose : est un ail de printemps, de variété Fructidor ou Printanor. La plante assez petite et forme des fleurs rose clair.

L'ail violet : c'est un ail d'automne de variété Germidour.

Les variétés les plus cultivées en Algérie selon ITCM, 2010 sont :

- Rouge local,
- Rose de Kabylie,
- Violet de Kadours.

3. Production de l'ail

3.1. Production de l'ail dans le monde

L'ail (*Allium sativum* L.) est l'un des légumes les plus importants dans le monde, avec une production annuelle de 24 255 303 tonnes de bulbes sèches et une superficie totale de 1 547 381 ha. La chine est de loin le producteur le plus important avec 80,13 pour cent de production de l'ail mondial.

La figure ci-dessous montre l'évolution de la production d'ail entre 1994 et 2014 (source FAO, 2017).

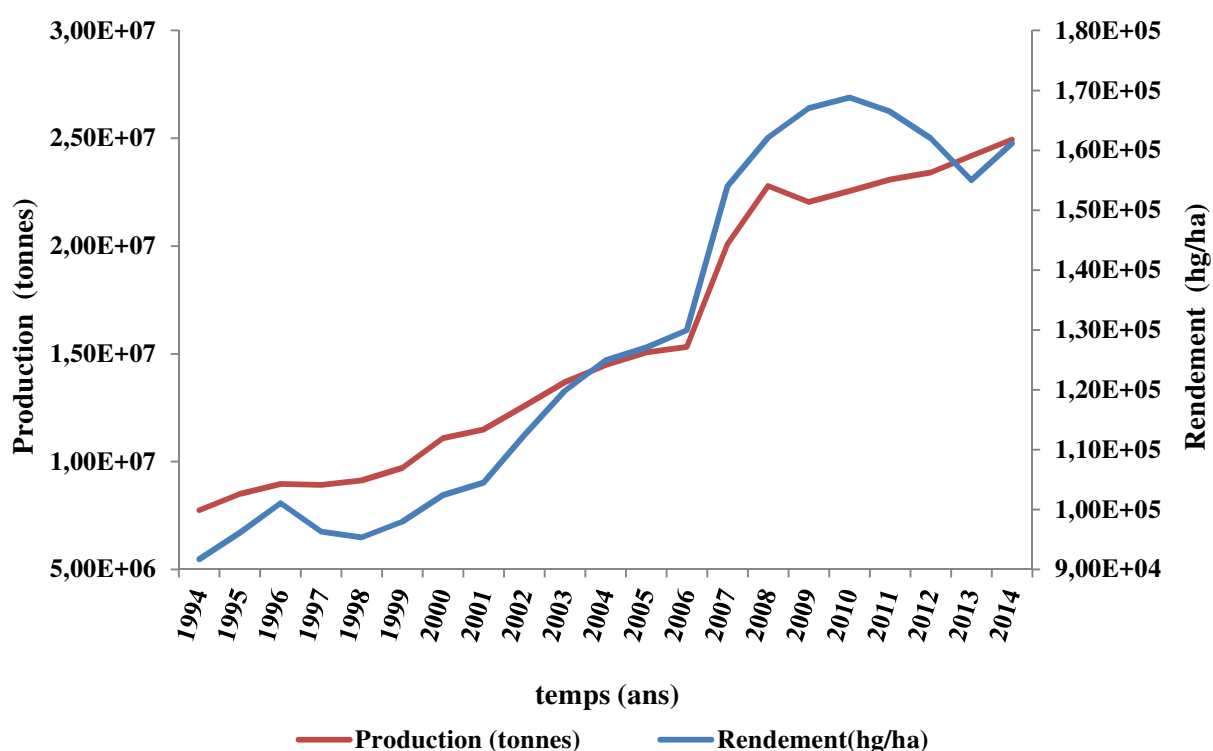


Figure 2 : Production d'ail dans le monde 1994-2014 (Source FAO, 2017)

3.2. Production de l'ail en Algérie

La production de l'ail en Algérie a connue une évolution ces dernières années. D'après FAOStat (2014), l'Algérie est passé à la 12^{ème} place des pays producteurs. La Production est répartie dans les wilayas suivantes : Biskra, Médéa, Mila, Skikda, Batna, Tizi-Ouzou, Bejaia, Tlemcen, Guelma, Oum El Bouaghi.

La région la plus productive en Algérie est la wilaya de Mila avec une superficie de 768 hectares en 2016, répartie entre Teleghma, Mechira, Oued Seguéne et Chelghoum Laid. Plus de 44500 tonnes sont récoltées 2016 (Direction des Services Agricoles (DSA) de la wilaya de Mila. Une bonne partie de la production est localisée à Teleghma. La surface réservée à la culture de l'ail est de 520 hectares avec un rendement moyen de 70 tonnes. La figure 3 montre l'évolution de la production de l'ail en Algérie entre 1994 et 2014 (source : FAOStat, 2017). Le rendement est passé de 35470 à 100256 (hg/ha) pour une même superficie.

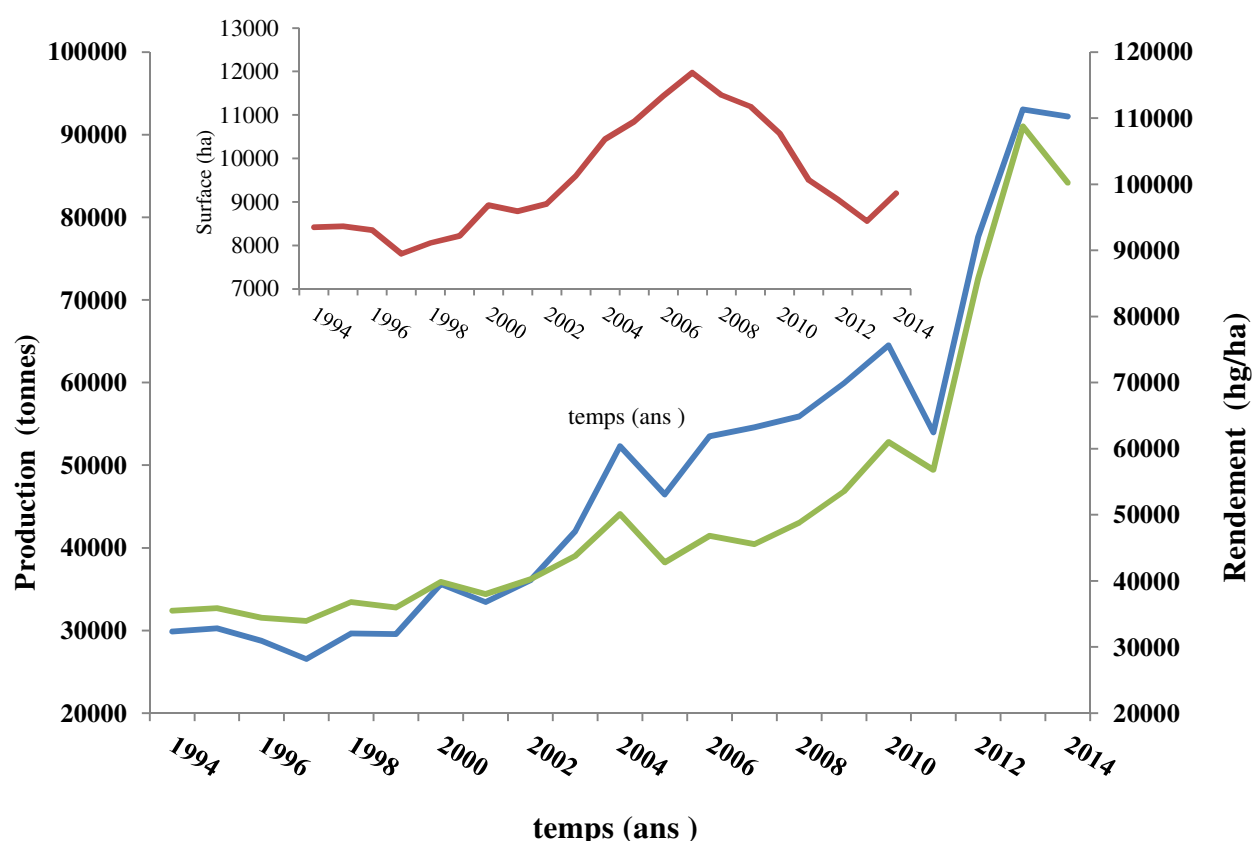


Figure 3 : Production d'ail en Algérie 1994-2014 (Source FAO, 2017)

4. Composition chimique de l'ail

L'ail contient en moyenne 65 % d'eau, 28 % des polysaccharides de stockage, principalement des fructanes, 7 % de protéines dont essentiellement des enzymes (alliinase, peroxydases, etc.), 0,67 % de lipides, 24,67 % de glucides et 3 % de fibres (Blanc, 2002). 1,2 % d'acides aminés libres et 2,3 % de nombreux composés organo-soufrés responsables de l'odeur et du goût caractéristiques de l'ail. Certaines vitamines (A, B1, B2 et C), de l'acidephytique, du β -

pistostérol et du sélénium sont également présentes en quantités non-négligeables (Meredith, 2008).

Tableau 2 : Composition de l'ail (Lawson, 1996)

Nutriments	Quantité par 100g/m.h
Energie	134 kcal
Eau	65 %
Protéines	6 - 7 g
Glucides	24 - 27 g
Fibres	1 g
Lipides	0,1 mg
Sodium	19 mg
Phosphore	134 mg
Calcium	38 mg
Vit C	14 mg
Vit E	0,01 mg
Vit B ₁	0,2 mg
Fer	1,4 mg

Les principes actifs de la gousse d'ail sont séparés en deux groupes, les composés volatils ou non. La transformation de l'alliine (figure 4), précurseur aromatique principal, en diverses molécules odorantes aux propriétés démontrées, est la clé de la génération de la plupart des molécules actives de l'ail.

4.1. Composés volatiles

Ces composés sont des molécules organosoufrées, notamment des thiosulfonates (contenant un lien $R-S(=O)-S-R$). Elles dérivent de S-alk(en)yl-L Cystéine sulfoxydes qui sont situées dans le cytoplasme des cellules du bulbe (Duke, 1992).

L'action de l'allinase, une C-S lyase localisée dans les vacuoles, les transforme en acides alk(en)ylsulfénique. Ces derniers, hautement réactifs, forment rapidement des thiosulfonates par condensation. L'enzyme et son substrat sont donc séparés physiquement tant que la plante est intacte.

La cystéine sulfoxyde majoritairement présente dans l'ail l'alliine, précurseur de l'allicine tandis que dans l'oignon, l'isoalliine est majoritaire et l'alliine est absente (Lanzotti, 2006).

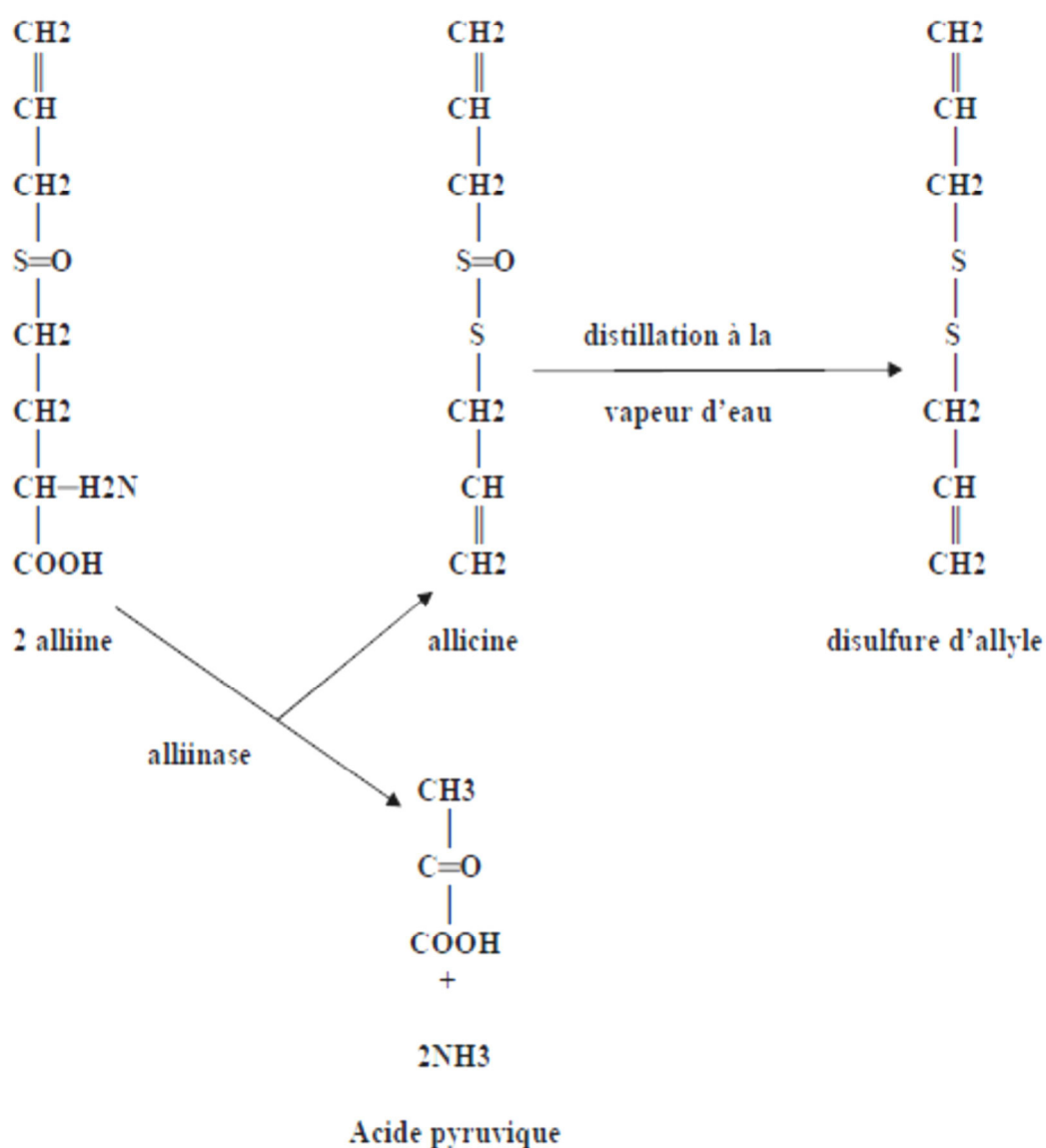


Figure 4 : transformation de l'alliine en allicine et Acide pyruvique, et de l'allicine en disulfure d'allyle (Garnier et al., 1961).

4.2. Composés non volatils

4.2.1. Les principaux composés organosulfurés

4.2.1.1. L'alliine

L'alliine est un sulfoxyde non-volatil naturellement présent dans l'ail cet acide aminé dérivé de la cystéine n'existe qu'à l'état libre, c'est à dire qu'il n'est pas impliqué dans la constitution des protéines. Il n'a pas d'effet sur la santé, excepté un pouvoir antioxydant (Kourounakis, 1999). Cependant l'alliine est le précurseur de nombreuses molécules volatiles d'intérêt via sa transformation en allicine par l'allinase.

L'alliine est le nom usuel de la S-allyl-L-cystéinesulfoxyde dont le nom IUPAC est l'acide (2R)-2-amino-3-[(S)-pro-2-énysulfinyl]propanoïque. Le point de fusion de l'alliine se situe entre 163 à 165°C. Dans des conditions de pression et de température standard (P_{atm} , 0°C), elle se trouve sous forme d'une poudre blanche cristalline ou non. Sa masse moléculaire est de 177,221g/mol. Elle est soluble dans l'eau mais pratiquement insoluble dans l'éthanol absolu, le chloroforme, l'acétone, l'éther ou le benzène (The Merck Index Online, 2006). Le bulbe d'ail en contient en moyenne de 0.35 % et jusqu'à 1.8 % (Wichtl et Anton 2003 ; Krete et Keusgen, 1999).

La forme brute de l'alliine s'écrit $C_6H_{11}NO_3S$ (figure 5). En plus de ses fonctions amine et carboxylique, et de son atome de soufre oxydé, la molécule possède une insaturation au niveau du groupement allylique

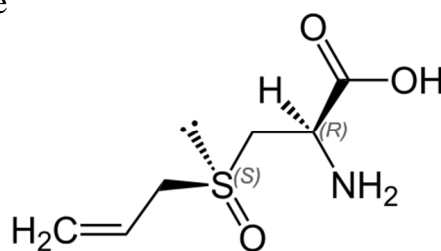


Figure 5 : Représentation de la molécule d'alliine (Agarwal, 1996)

4.2.1.2. L'allinases

Les allinases sont des enzymes rencontrées principalement dans les vacuoles des plantes du genre allium, mais encore chez certaines Brassicaceae, chez plusieurs plantes du genre leucocoryne, et chez certaines bactéries ou moisissures. Elles transforment les S-Alk(en)yl-L-cystéine sulfoxydes non-volatils en allicine grâce à leur activité C-S lyase. L'alliinase accomplit une réaction de β -élimination-désamination par clivage de la liaison S_{β} -S).Ce

processus aurait pour fonction de protéger la plante des herbivores (Ellmore et al., 1994 ; Ankri et al., 1999). En effet, l'allicine se transforme ultérieurement en composés volatils organosoufrés qui repoussent ces prédateurs. De plus le fait que l'enzyme soit séparée physiquement de son substrat et qu'elle n'entre en contact qu'avec lui lorsque la plante est abîmée corrobore cette théorie. Des similitudes entre les allinases et les myrosinases, responsables de la transformation des glucosinolates chez les brassicales ont été mises en évidence. Ces enzymes sont cataloguées en tant que bio-activateurs du système de défense de plantes (Burow et al., 2008). L'allinase représente 10% de l'extrait protéique soluble des gousses d'ail (Ellmore et al., 1994). Il s'agit d'une lyase appelée alliine lyase, de nom systématique S-Alkyl-L-cystéine S-oxyde Alkyl-sulfénate-lyase. Elle fut décrite pour la première fois par Stoll et Seebeck en 1974. Cette protéine homodimérique est composée de deux sous-unités de 448 acides aminés chacune pour une masse moléculaire de 103 000 kDa.

4.2.1.3. L'allicine

L'allicine (allyl-2-propenthiosulfinate) est classé comme un thiosulfinate. Les thiosulfates contiennent deux atomes de soufre reliés ensemble dont l'un est aussi lié à un atome d'oxygène. L'allicine est considéré comme étant l'agent antibactérien le plus puissant dans des extraits d'ail. La conservation de l'allicine peut varier selon la concentration, la température et le solvant dans lequel elle est stockée. La durée de conservation de l'allicine comme solide cristallin est de 16 h, mais dans l'air broyé elle est approximativement de 2 jours et demi.

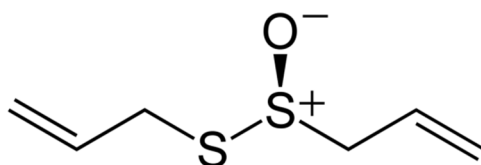


Figure 6 : DiallylThiosulfinate : Allicine (Agarwal, 1996)

Dans l'eau, la durée moyenne de conservation est de 30 à 40 jours à 23°C. D'après Lawson (1988), la durée de conservation peut atteindre au moins 2 ans, à une température de 70°C, pour des concentrations variant de 100 à 1000 ppm d'allicine. L'inconvénient de cette approche est que l'allicine peut réagir avec l'eau et peut former du sulfure de diallyle qui ne présentent pas le même niveau d'activité antibactérienne d'allicine (Lawson et Wang, 1996).

L'allicine fait partie des mécanismes de défense de certaines Allacinées comme l'ail contre les attaques d'insectes et autres. Elle est le composé antibactérien de l'ail, il est présent dans l'ail tant qu'il ne subit pas de dommages tissulaires.

4.2.1.4. L'ajoène

L'ajoène est un composé soufré. Il s'agit d'un disulfure insaturé formé par la liaison de trois molécules d'allicine (Jung, 2005). Dès que l'ail est coupé, l'allicine est dissoute dans différents solvants. Il y a formation de dérivés cis et trans de l'ajoène ((les 6z-ajoène(4,5,9-trithiadodéca) et 6e - ajoènes (1,6,11-trién-9-soxyde)).

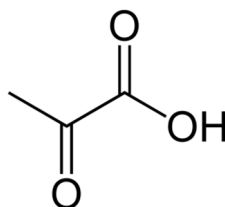


Figure 7 : Représentation de la molécule d'ajoène (Agarwal, 1996)

Il est plus stable et plus abondant dans l'ail haché et macéré dans de l'huile alimentaire. Il a de nombreuses propriétés médicinales. Il agit comme antioxydant, anticoagulant, antithrombotique, antimicrobiennes et antifongique. De plus il aurait une activité contre la croissance des cellules cancéreuses (Nakagawa et al., 2001).

4.2.1.5. L'acide pyruvique

Lorsque l'ail est écrasé, coupé ou haché, allinase l'enzyme spécifique de l'ail est mis au contact de l'alliine est dégradée. Cette dernière est décomposée en allicine (diallylthiosulfinate), qui est une substance très odorante, et en acide pyruvique $C_3H_4O_3$ (figure B). Sa valeur dans l'ail est entre 7,6 et 78,4 $\mu\text{mol/g}$ en fonction des variétés (Grégrova et al., 2013; Polma et al., 2011).

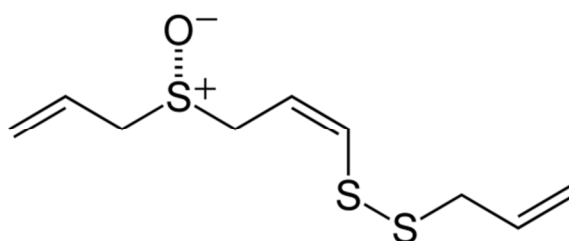


Figure 8 : Représentation de la molécule d'acide pyruvique (Agarwal, 1996)

L'acide pyruvique engendré dans la réaction peut être dosé pour en déduire une estimation du pouvoir aromatique global de tissus de bulbes d'ail, d'oignon ou d'échalote. A 131 g de précurseur correspondent 88 g d'acide pyruvique (Messiaen et al., 1993). D'après les résultats de Swimmer et Waston (1961) et Dembele et Dubois (1973), on peut estimer les teneurs en précurseurs à 0,15 % pour l'oignon à 14% de matière sèche, 0,35% pour une échalote grise à 30 % de matière sèche et 0,6 à 0,8 % chez l'ail ce qui correspond à des teneurs comprises entre 1 et 2 % par rapport à la matière sèche.

D'autres composants sont également identifiés. Parmi les quels, les saponines (β -chlorogénine) (Itakura et al., 2000), les pigments phénoliques, les terpénoides, les antibiotiques et les antioxydants (Miean et al., 2001 ; Gorinstein et al., 2005 ; Leelarungrayub et al., 2006). L'alliinase représente 10 % de l'extrait protéique soluble des gousses d'ail (Ellmore et al., 1994).

5. Les composés phénoliques

Dans l'ail, les polyphénols constituent un nombre important de métabolites secondaires, environ 10 000 composés ont été caractérisés jusqu'à aujourd'hui. La teneur en composés phénoliques dans l'ail varie fortement avec les facteurs génétiques, agronomiques et environnementaux (Chen et al., 2016 ; Waterer et Schmitz, 1994), et il est bien connu que le cultivar est principal facteur qui détermine cette variation. Selon Park et al. (2009) dans l'ail, il existe une petite quantité des polyphénols Lanzotti (2006) a décrit que les majeurs composants sont des flavonoides : quercitine (47mg/kg) et myrcétine (693mg/kg) et un flavone : apigénine (217mg/kg). D'après Park et al. (2009), la teneur en polyphénols totaux

est l'ordre de 562 mg /100 g EAG dans l'ail mature. Ces observations ont été apportées par Choi et al (2008), sur le vieillissement de l'ail à 68-72 °C pendant 330-360 heures. La perte phénolique importante qui se produit généralement pendant la transformation est provoquée par l'action d'enzymes d'oxydation telles que les peroxydases et les polyphénoloxydases (Shahidi et Nacz 1995). Ces résultats indiquent que le broyage de l'ail chauffé peut réduire la quantité de composés phénoliques par oxydation enzymatique.

6. Utilisation de l'ail

L'ail est d'abord utilisé en cuisine pour relever le goût des aliments, mais ses nombreuses propriétés thérapeutiques en font un complément alimentaire prisé. En effet, des qualités antimicrobiennes, antioxydantes, anti-inflammation, antitumorales et de prévention du cancer lui ont été reconnues. En outre, il aurait le pouvoir d'inhibant la coagulation, de réduire l'hypercholestérolémie et le taux de lipides sanguins, ou encore de faciliter la digestion. L'ail prévient aussi le risque de thrombose et d'athérosclérose. Enfin, il diminue l'hyperglycémie et la tension sanguine (Silagy, 1994). Les premiers Egyptiens utilisaient l'ail pour traiter la diarrhée et son pouvoir médical a été décrit sur les murs de l'ancien temple et sur papyrus datant de 1500 avant J-C (Bradley, 1992). Il a été utilisé par les médecins grecs Hippocrate et Galène pour traiter les maladies intestinales et extra-intestinales. Les anciens japonais et chinois l'utilisaient pour traiter les maux de tête, la grippe, maux de gorge et de la fièvre. En Afrique, en particulier au Nigeria, il est utilisé pour traiter des douleurs abdominales, diarrhée, otite infections des médias et des voies respiratoires (Jaber et Al Mossawi, 2007). En Europe et en Inde, il a été utilisé pour traiter le rhume, la fièvre et l'asthme. L'ail est surnommée la pénicilline russe pour son utilisation généralisée comme un agent antimicrobien topique et systémique. Il est communément utilisé dans de nombreuses cultures comme une excitation et la réputation de pouvoir de guérison (Timbo et al., 2006). L'ail est indiqué aussi pour les personnes souffrant de diabète à cause de ses propriétés hypoglycémiques (Augusti et Sheela, 1996).

6.1. Utilisations et propriétés des composés non volatils

L'alliine et d'autres sulfoxydes ont déjà été évoqués la cycloalliine est également présente dans l'ail en quantité plus faible. Cette concentration augmente avec le vieillissement des gousses

(Ichikawa et al., 2006). L'ail contient aussi des saponines, des sapogénines certains flavonoïdes (apigénine, quercétine et myricétine) ainsi que des composés phénoliques (Lamzotti, 2006).

6.1.1. Propriétés antimicrobiennes

L'effet antibactérien d'un extrait d'ail frais et d'allicine purifiée ont été comparés (Fujisawa et al., 2009). Ils ont mis en évidence l'effet légèrement supérieur du premier sur *Staphylococcus aureus*. L'allicine a un pouvoir équivalent à 8 % de la vancomycine, un antibiotique courant, contre cette même bactérie. Cependant, l'allicine est inhibée totalement par les composés contenant un groupement sulfhydryle (-SH), tels que la cystéine, le glutathion ou la coenzyme A.

Hajai et al. (2010) ont montré récemment que l'ail bloque le quorum sensing¹ et qu'il atténue la virulence de *Pseudomonas aeruginosa*, pathogène responsable de maladies nosocomiales. L'utilisation d'ail comme antibactérien naturel dans des préparation de tomates a également été proposée (Du et al., 2009).

L'ail est actif contre les micro-organismes qui sont résistants aux antibiotiques et la combinaison des extraits d'ail avec antibiotique conduit à une synergie partielle et totale (Didry et al., 1992).

6.1.2. Propriétés antioxydants

L'action antioxydante de plusieurs composés de l'ail : la désoxyalliine, l'alliine, l'allicine et le diallyldisulfide ont été comparés par Chung (2006). Ces quatre molécules captent les hydroxyles HO[•], mais seule l'alliine capte les superoxydes O₂^{•-} (alors que l'allicine empêche leur formation). Les flavonoïdes de l'ail sont également reconnus pour leur capacité antioxydante. Les radicaux oxygénés libres, dont font partie les hydroxyles et superoxydes, sont connus pour leur action sur le vieillissement et la formation de cellules cancéreuses. Les antioxydants permettant de neutraliser ce type de composés.

¹Le quorum sensing correspond au mécanisme de synchronisation de l'expression de gènes particuliers, au sein d'une population bactérienne et en fonction de la densité de cette population. Elle implique la capacité de bactéries à communiquer avec leurs congénères via des signaux moléculaires.

6.1.3. Propriétés anti-inflammatoires

L'activité anti-inflammatoire et anti-arthritique de la thiacremonone, un composé organosoufré de l'ail a été mis en évidence par Ban et al. (2009). D'après Chiang et al. (2006) les diallyldisulfide et trisulfide ainsi que l'huile d'ail, administrées à des doses précises, diminuent l'apoptose² et l'ulcération de cellules intestinales endommagées. Bien que, si la quantité conseillée est dépassée, des effets toxiques sont observés.

6.1.4. Propriétés antinéoplasiques

Les macéras d'ail et d'oignon dans l'huile ont des propriétés antitumorales, supprimant la croissance et l'activité de cellules leucémiques HL60 (Ariga et al., 2000).

6.1.5. Inhibition de l'agrégation plaquettaire et propriétés antithrombiques

Block et al. (1984) ont cité au moins trois composés comme antiagrégants, dont le diallyltrisulfide, la 1,3-vinyldithiine et l'ajoène. L'alliine, l'allicine et l'adénosine possèdent également ce pouvoir *in vitro*. La quercétine, bien que présente à l'état de trace uniquement, possède également cette propriété *in vitro* (Beier et al., 1992) et *in vivo* (Hubbard et al., 2004).

6.1.6. Propriétés hypocholestérolémiantes, diminution du taux de lipides sanguins et de l'athérosclérose

D'après Sendl et al. (1992) les composés soufrés ajoène, méthylajoène, allicine, 1,3-vinyldithiine et diallyldisulfide, pris individuellement, inhibent la synthèse du cholestérol dans des proportions situées entre 37 et 72 %. Elle est inhibée de 44 à 52 % *in vitro* avec un extrait d'ail (dans du chloroforme ou dans un mélange acétone/chloroforme).

²L'apoptose ou mort cellulaire programmée, est le processus par lequel des cellules s'autodétruisent sous l'impulsion d'un signal. La mort cellulaire est un phénomène naturel génétiquement programmé qui permet l'élimination des cellules inutiles.

6.1.7. Effet sur la digestion

L'ail est reconnu comme une plante carminative, soulageant la détresse épigastrique et abdominale, les éructations, les flatulences, les coliques et la nausée (Damrau et al., 1949). La présence de fructanes est également notable. Le fructane est un polysaccharide particulier en nutrition humaine. En effet, ni l'homme, ni *Escherichia coli*, bactérie principale du colon, ne sont capables de la cliver, étant donné qu'ils ne possèdent pas l'enzyme fructane-hydrolase. La consommation de fructane équilibrerait la flore intestinale vers davantage de bifidobactéries, qui hydrolysent le fructane dans le gros intestin et non dans l'intestin grêle, faisant de l'ail un aliment prébiotique dans le régime alimentaire (Cseke et al., 2006 ; Sabater-Molina et al., 2009).

6.1.8. Propriétés hypoglycémiantes

Selon Kiesewetter et al 1991, le taux de glucose sanguin d'un groupe de 120 individus complémentés durant 4 semaines avec de la poudre d'ail diminue en moyenne de 11,6%.

7. Conservation et transformation de l'ail.

L'ail est récolté lorsque la moitié des feuilles commencent à jaunir. Après ressuyage 2 à 3 jours sur les champs, les bulbes sont ramassées en bottes ou en chapelets que l'on suspend dans un local sec et bien aéré. Le séchage, est essentiel pour l'ail. Il permet d'enlever l'excès d'humidité de la peau extérieure et du feuillage pour réduire la pourriture au stockage, de permettre le développement de la couleur et d'aider les bulbes à devenir compact et de rentrer en dormance (Nair et al., 2013).

La déshydratation artificielle peut être faite dans une chambre de déshydratation à l'air chaud à 27,35 °C. Il faut environ 48 heures pour que le procédé de durcissement complet, si l'humidité de l'air est comprise entre 60 et 75 % (Nair et al., 2013).

Le stockage de l'ail à 0,5 °C est satisfaisant, mais son taux d'humidité élevé accompagne souvent le stockage à basse température. L'ail stocké à une humidité supérieure à 70% à une température quelconque permet le développement des moisissures et provoque la pourriture.

L'entreposage frigorifique de l'ail est possible à 32-36 F (0 à 2,22 °C) et 60-70 % d'humidité relative. La perte de 12,5% de stockage est enregistrée dans l'ail stocké à 1-5 °C et 75 % d'humidité relative par rapport à 42,4 % de pertes à la température ambiante. Un traitement par la lumière ultraviolette pendant 30 min réduit encore la perte de 8% dans les entrepôts frigorifiques pour le stockage de 150 jours (Nair et al., 2013).

Nair et al. (2013) apportent que l'irradiation rayons gamma ont également été recommandés pour contrôler la germination dans les lieux de stockage. La désinfection des locaux, par pulvérisation de 0,1 % carbendazime, pour la manutention et le stockage de l'ail réduisent également les pertes après récolte. Le phosphore et l'application de potassium réduisent la perte de poids dans le stockage d'ail, tandis que l'application de l'azote augmente.

7.1. Traitement

Les techniques agro-industrielles, alimentaires et autres techniques de transformation biotechnologique sont largement utilisées pour améliorer l'efficacité et la biodisponibilité de nombreuses matrices, ainsi que pour réduire certaines caractéristiques désagréables, lorsqu'elles sont présentes. Surtout pour l'ail, il n'est pas nouveau que certaines civilisations largement utilisées pour absorber les gousses dans divers solvants, tels que l'alcool, le vin, le lait et le vinaigre, et extraire plusieurs ingrédients bioactifs (Amagase, 2006). Au cours des dernières années, de nombreuses études ont montré que plusieurs modifications biochimiques et inter-conversions se produisent au cours des étapes de traitement. En fait, plusieurs rapports ont montré des variations considérables du potentiel bioactif final en fonction du type de préparations d'ail.

Parmi les méthodes de traitement les plus couramment utilisées à la fois dans les industries alimentaires et pharmaceutiques, le blanchiment est d'une importance majeure, et est généralement appliqué dans le traitement de l'ail. Dans le cadre de ce procédé, les gousses d'ail pelées sont exposées à des températures élevées en utilisant de l'eau chaude, de la vapeur, des micro-ondes, des radiofréquences et de l'irradiation infrarouge (Szymanek, 2011). Cette technique vise à conserver la couleur et la texture, à éviter les infections microbiennes et à entraver l'activité enzymatique après épluchage (Jaiswal, Gupta et Ghannam, 2012). Kinalski et Noreña (2014) ont signalé que le blanchiment entraînait une diminution significative de la

teneur en thiosulfates et de l'activité antioxydante, cette diminution est en fonction du temps et de la température appliqués.

Dans la cuisine de l'extrême orient, Corée, la Thaïlande et le Japon, l'ail noir est utilisé comme ingrédient alimentaire. L'ail noir est obtenu par fermentation des bulbes d'ail entiers à hautes températures et hygrométrie élevée. Le produit transformé est doux, complètement inodore et présente une couleur noire (Lee et al. 2011).

Le séchage à l'air chaud et la lyophilisation ont été étudiés comme des procédés potentiels pour préserver et concentrer l'allicine dans l'ail (Ratti et al., 2007). La teneur en allicine a diminué avec une augmentation de la température de séchage à la fois par séchage par air chaud ou par lyophilisation. Les températures modérées de l'air (40 et 50 ° C) ont permis une meilleure conservation d'allicine que des températures plus élevées (60 ° C).

7.2. La transformation de l'ail en pâte

Quelques procédés de préparation de la pâte d'ail se sont basés sur l'inactivation d'alliinase, qui autrement donner lieu à des composés odorants et irritants. Les gousses d'ail sont chauffées à 99-120°C dans l'eau chaude, vapeur ou micro-ondes avant d'être écrasées (Sumi et al., 1987). Le liquide obtenu par pressage des matières solides est ensuite mélangé avec de la farine de soja ou du lait de soja, de la farine pour former une pâte. La pâte d'ail résultant n'a pas l'odeur indésirable de l'ail, mais conserve toujours une excellente saveur et peut être utilisé dans les sauces pour viandes rôties, beurre à l'ail, etc. D'autres méthodes de fabrication de pâte d'ail avec la même saveur que l'ail frais décrit précédemment (Sica-Sol, 1969 ; Bernhardt et Delazari, 1980) sont basées sur la préparation d'une pâte d'ail salée par addition de NaCl pour assurer une apparence agréable et une bonne durée de vie.

8. La conservation traditionnelle de l'ail en Algérie

- ✓ Conservation de l'ail tressé après séchage à l'air : l'ail tresses se conserve de 5 à 6 mois dans de bonnes conditions.
- ✓ Conservation de l'ail dans des caissettes en bois non traitées. Les têtes sont disposées en une seule couche. L'ail blanc en caissette se conserve environ 6 mois.
- ✓ Conservation l'ail dans l'huile et au réfrigérateur et consommé dans les cinq jours qui suivent sa préparation.

- ✓ Conservation de l'ail en poudre : la poudre d'ail est obtenue à base de gousses d'ail déshydratées à 40 °C puis réduites en poudre.
- ✓ Conservation de l'ail au congélateur : l'ail épluché est réduit en pâte et congelé.

9. L'effet des traitements sur la qualité

9.1. La couleur

La couleur est un phénomène fréquent, se manifestant souvent lors de toute déshydratation due à l'évaporation de l'eau à la surface et l'activité de l'eau entraînant une vitesse de brunissement élevée. Ce phénomène de brunissement ou ces changements de coloration se produisent aussi bien au cours du vieillissement d'aliments frais que pendant la mise en œuvre des différents procédés de fabrication ou de conservation.

Le brunissement est maximal dans un intervalle d'activité d'eau (a_w) de 0,5 à 0,75. Pour des activités d'eau plus basses, les réactions sont plus lentes et elles sont attribuées à des

limitations de la diffusion (Karmas et al, 1992). Pour de basses teneurs en eau, la vitesse de brunissement est élevée. Ce changement de couleur du produit est attribué à la caramélisation.

9.2. Les réactions de brunissement

Le changement de la couleur appelé brunissement pour les aliments, est un paramètre important de qualité, tant pour l'apparence du produit que pour la perte de nutriments (Krokida et al., 2000).

9.2.1. Le brunissement enzymatique

Le brunissement enzymatique correspond à la conversion des composés phénoliques, le plus souvent bruns ou noirs qui sont désignés mélanines. Ce brunissement entraîne aussi la dégradation de la vitamine C, les techniques les plus souvent utilisées pour prévenir les brunissements enzymatiques sont l'acidification et le blanchiment à des températures de 70°C à 90 °C suffit en général pour obtenir une inactivation partielle ou totale des enzymes.

9.2.2 Le brunissement non enzymatique

Le brunissement non enzymatique est la formation de polymères bruns ou noirs (pigments) à partir de la condensation d'un composé carbonyle (sucre réducteur et d'une fonction amine (NH_2) libre d'une protéine ou d'un acide aminé (Bouras, 1994).

9.2.3 Brunissement de l'ail

L'entreposage de l'ail favorise les réactions de brunissement. Les mécanismes de formation de couleur dans l'ail ont été étudiés par (Hong et Kim, 2001 ; Bain et al., 2005 et Cardelle-Cobaset al., 2005). Pour expliquer le phénomène, ils ont étudié les réactions enzymatiques et non enzymatiques tels que l'oxydation des phénols et la réaction de l'allinase. Comme les précurseurs de ces changements de couleur pour la réaction non enzymatique, les groupes carboxyles des sucres réducteurs réagissent avec des groupes amines des protéines. Les composants phénoliques présents dans l'ail, tels que le pyrogallol(benzane-1,2,3) et l'acide gallique s'oxydent par l'action de la polyphénoloxydase, forment des quinones. Les quinones forment des complexes avec les composants aminés pour former des produits colorés (Hong et Kim 2001).

CHAPITE II : MATERIEL ET METHODES

MATERIEL ET METHODES**1. Préparation des échantillons**

Des bulbes d'ail frais de la variété "violet", cultivés à Mila ont été sélectionnées pour cette étude. Ils ont été récoltés en avril 2017 et se sont séchées au laboratoire à température ambiante et à l'abri de la lumière. L'épluchage a été fait manuellement ; les gousses ont été soigneusement pelées avec un couteau en acier inoxydable. Deux séries ont été préparées :

- La 1^{ère} série : l'ail naturel est broyé ;
- La 2^{ème} série : l'ail a subi un blanchiment avant broyage.

Après broyé avec un mortier en bois, chaque série est composée de 5 échantillons aux quels est ajouté du sel de table à différentes concentrations (0 – 2,5 – 5 – 10 – 20%).

1.1. Caractéristiques physiques de l'ail

On considère la géométrie de l'ail pour un parallélépipède rectangle. Des mesures (longueur, largeur et épaisseur) avec un pied à coulisse ont été effectuées sur 200 gousses (Tableau 1).

Tableau 3: données géométriques

	Longueur	Largeur	Epaisseur
Moyenne (cm)	2,6	2,18	1,672
Ecart type	0,35	0,39	0,44

Pour le blanchiment de l'ail nous avons eu recours aux propriétés thermiques de l'ail afin de déterminer le temps nécessaire pour arriver à la température voulu au cœur des échantillons.

Pour la conductivité thermique et la chaleur spécifique, nous nous sommes inspirés des travaux de Madamba (2007) (Tableau 2).

Tableau 4 : propriétés thermiques de l'ail

Propriétés thermiques	Valeurs	Sources
Chaleur spécifique C_p (kJ/kg.°K)	3000	Madamba (2007)
Conductivité thermique λ (W/m.K)	0,4	Madamba (2007)
Masse volumique ρ (kg.m ⁻³)	$8,76.10^{-8}$	Masoumi et al. (2006)
La diffusivité thermique α (W.m ² .J ⁻¹)	1522,6	Calculé

La diffusivité thermique de l'ail a été déterminée par la formule suivante :

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho \times C_p}$$

1.2. Calcul du temps nécessaire pour arriver à une température de 70 °C au cœur du produit

Calculer le temps de chauffage d'un cylindre fini de carotte blanchie dans de l'eau à 90°C si $T_0 = 20^\circ\text{C}$ et que l'on désire une température au centre $T_c = 80^\circ\text{C}$.

Les propriétés thermophysiques de la carotte sont : $\rho = 1100 \text{ kg/m}^3$; $C_p = 3800 \text{ J/kg.}^\circ\text{C}$, $K = 0,4 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$, le coefficient de transfert de chaleur par convection du blancheur est $h = 500 \text{ W/m}^2.^\circ\text{C}$.

L'ail a été blanchi dans un bain marie à 90 °C. Sachant que la température initiale de l'ail est de 20 °C. Le temps nécessaire pour arriver à une température de 70 °C au cœur du produit est calculé en utilisant la formule de Ball et Olson (1957) : On s'inspirant des cours des opérations unitaires sur les transferts et d'après Ball et Olson (1957).

$$t = f \times \text{Log} \left[j \times \left(\frac{T_1 - T_0}{T_1 - T} \right) \right]$$

Calcul du nombre de Biot

$$N_{Bi} = \frac{h_{\text{ext}} \times d_e}{K_{\text{int}}}$$

Le coefficient de transfert de chaleur par convection de l'eau est $h = 1000 \text{ W/m}^2.^\circ\text{C}$

d_e : demi-épaisseur du solide (m) ;

λ_s : conductivité thermique du solide (W/m.°C).

$$\frac{f \times}{R^2}$$

f étant par définition le temps nécessaire à la traversée d'un cycle logarithmique

On prend la géométrie de l'ail pour un parallélépipède rectangle et on prend l'intersection des trois tranches infinies on a ainsi :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3}$$

et

$$j = j_1 \times j_2 \times j_3$$

j est étant l'ordonnée à l'origine de la courbe évolution de la température en fonction du temps. L'équation de cette droite est :

$$\theta = \frac{T_1 - T_0}{T_1 - T} = f(\text{temps})$$

j_c est la valeur que prend j pour x ou $r = 0$, lorsqu'on veut déterminer le temps t_c nécessaire à l'obtention d'une température au centre du produit T_c .

Après calcul, le temps nécessaire pour arriver à une température de 70 °C au cœur de l'ail est de 7 min.

2. Analyses physico-chimiques

2.1. Détermination de la teneur en eau et de l'extrait sec

Principe

La teneur en eau est mesurée par déshydratation des échantillons de 1 à 2 g dans une étuve à $105 \pm 1^\circ\text{C}$ jusqu'à obtention d'un poids constant (AOAC, 1984). La teneur en eau est exprimée en g par 100 g de matière fraîche ou en g/100 g MS.

Mode opératoire

Les capsules vides sont séchées à l'étuve durant 15 min à une température de 105 °C. Après refroidissement dans un dessiccateur, une pesée de 2g d'échantillon est placée dans l'étuve réglée à 105 °C pendant 3 heures.

La teneur en eau par rapport à la masse humide est calculée par la formule suivante:

$$W_{m\Box} = \frac{M_i - M_f}{M_{i_x}} \times 100$$

ou:

W_{mh} : teneur en eau par rapport à la masse humide (g/100gm.h.).

M_i : masse initiale du produit (g).

M_f : masse finale, après dessiccation (g).

La masse sèche par rapport à la teneur en eau est calculée par la formule suivante :

$$MS = (100 - W_{m\Box}) \times 100$$

Avec :

MS : masse sèche

2.2. Mesure du pH

Le pH des échantillons de pâte a été mesuré d'après la méthode décrite par (Wang et al., 1995). Une prise d'essai de 5 g a été diluée dans 45 ml d'eau distillée après mélange à l'aide d'un agitateur. Le pH est mesuré, à température ambiante, en utilisant un pH-mètre (XX) préalablement étalonné par des solutions tampons (pH 7 puis pH 4).

2.3. Détermination de la teneur en polyphénols totaux

Principe

En présence de phénols, le mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$) est réduit en oxyde bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (M_8O_{23}), que l'on détermine par colorimétrie.

Mode opératoire

Le dosage des polyphénols totaux est réalisé par la méthode décrite par (Juntachote et al., 2006) est représenté dans la figure x. Préparation de la gamme d'étalonnage (voir Annexe n°1).

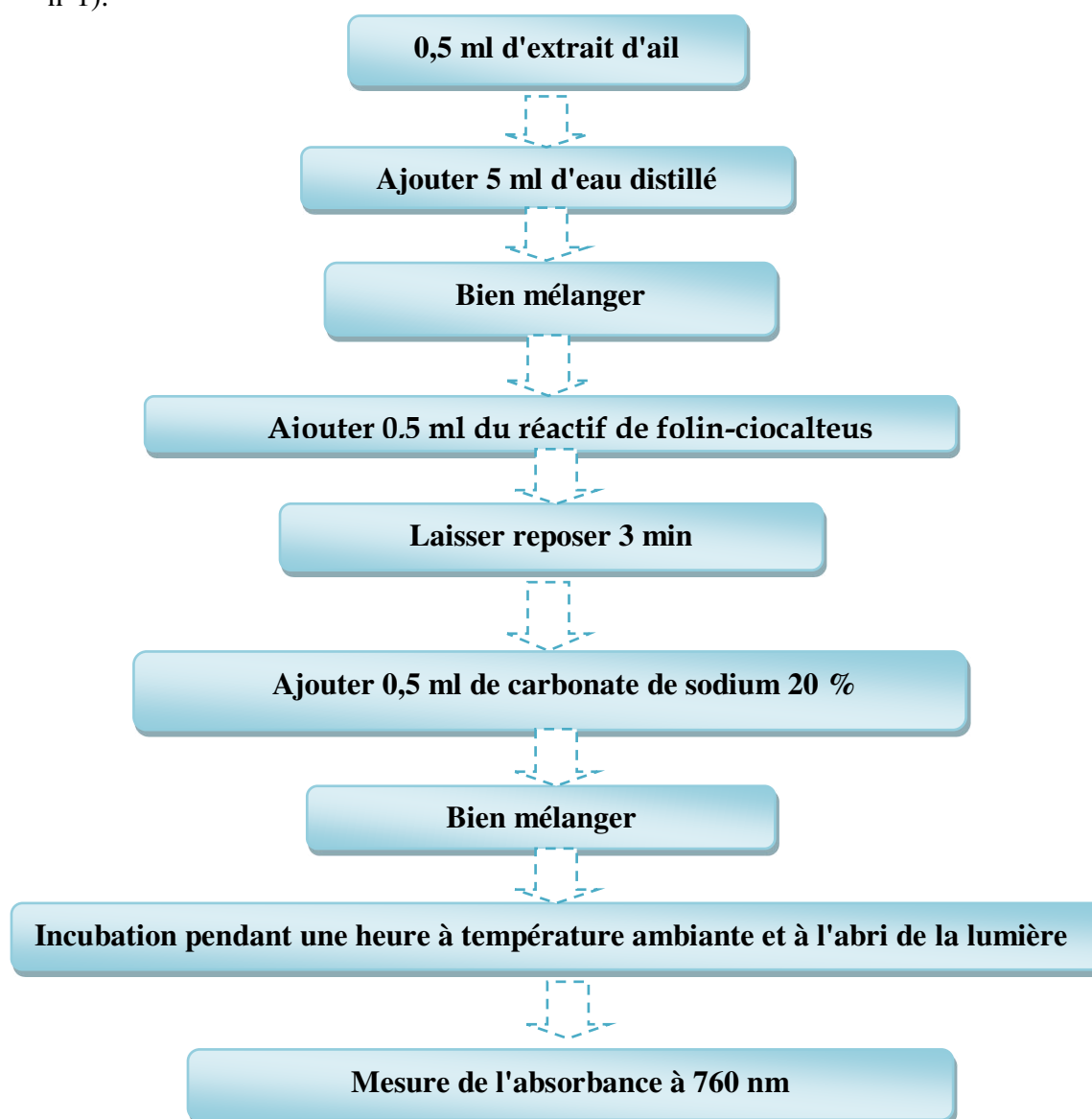


Figure 9 : représente le dosage de polyphénols totaux

2.4. Dosage des sucres totaux

Le dosage des sucres totaux est réalisé par la méthode décrite par Dubois et al. (1956) et modifiée par Gooden (1997). En présence d'acide sulfurique concentré, les oses sont déshydratés en composés de la famille de dérivés furfurylique ($C_5H_6O_2$). Ces produits se condensent avec le phénol pour donner des complexes jaune-orangé. L'apparition de ces complexes est suivie en mesurant l'augmentation de la densité à 490 nm

NB : La concentration en sucres totaux a été déterminée grâce à une droite d'étalonnage de glucose standard. (Annexe n°2).

2.5. Dosage de l'acide pyruvique

Préparation du standard

Une solution d'acide pyruvique (grand réactif, mallinckrodt, 99 % de pureté) de 10 µl/ml a été utilisée pour préparer une série de dilution de 0 à 0,5 µl/ml (Annexe n°3).

Préparation d'extrait

5 g d'ail homogénéisés dans 20ml d'eau à 0 °C et chauffé à 34,3 °C, pendant 2 min. Les solutions ont été laissées au repos pendant 15 min puis filtrées.

Méthode spectrophotométrique

1ml d'une solution de DNPH (dinitrophenylhydrazine) à 0,0125 %, à laquelle on a ajouté 2 ml d'extrait. Cette solution a été laissée pendant 15 min dans un bain marie à 37 °C, puis on a ajouté 5ml de HaOH 0,6N et mesuré l'absorbance à 420 nm avec le spectromètre – SASCO – V – VIS spectrophotomètre.

NB: un blanc a été préparé seulement avec les réactifs et traité avec la même procédure que pour les échantillons.

2.6. Mesure de la couleur

La couleur intervient dans le premier temps de l'identification d'un aliment. Elle est souvent reliée à une notion de qualité et devient ainsi un facteur important du choix des produits alimentaires frais ou transformés par le consommateur.

Dans le cadre de notre étude, il était important d'appréhender les répercussions de salaison, à différentes concentrations, avec ou sans blanchiment sur la qualité de la pâte d'ail.

Le système CIELab figure parmi les techniques colorimétriques simulant les premiers processus visuels d'un observateur universel permettant le repérage des stimuli lumineux.

C'est un système d'assignation à 3 grandeurs, correspondant à des coordonnées cartésiennes dans l'espace (trois dimensions), développé par hunter (1942) et adopté par la commission Internationale de l'Eclairage¹ (1976).

Matériel d'étude

Les mesures ont été réalisées sur les pâtes d'ail (écrasée entre le couvert et la boîte de pétrir). 7 mesures ont été effectuées pour l'évolution de la couleur pour les deux séries de 5 échantillons avec 5 répétitions pour chaque échantillon.

Appareils de mesure de la couleur

La détermination des coordonnées chromatiques L^* , a^* et b^* est réalisée à l'aide d'un appareil chroma métrique (Konica Minolta-CRIO Japon). Cet appareil est un analyseur tristimulus permettant de mesurer la couleur par réflexion sur un échantillon. La géométrie de mesure utilisée est une illumination diffuse, par une lampe à arc xénon pulsé, avec un angle d'observation 0° et une ouverture de la tête optique de 8 mm de diamètre.

La couleur d'un objet peut être décrite par trois attributs caractéristiques : la luminance, la saturation et la teinte.

¹La Commission internationale de l'éclairage (CIE) est une organisation internationale dédiée à la lumière, l'éclairage, la couleur et les espaces de couleur. Elle a été fondée à Berlin en 1913 et est actuellement basée à Vienne en Autriche.

- La luminance ou Clarté représente la proportion de l'énergie lumineuse (nombre photons) réfléchi par une surface, colorée ou non. Elle est exprimée en pourcentage de réflexion, égal à 0 % pour le noir absolu et 100% pour le blanc absolu..
- La teinte ou tonalité est la longueur d'onde du rayonnement monochromatique correspondant à la couleur considérée.
- La saturation traduit le phénomène selon lequel une couleur de nuance donnée peut être décrite comme vive ou éclatante, terne ou mate. La notion de saturation/ richesse de la couleur correspond à cette diversité de qualification d'une propriété supplémentaire d'une couleur. Sur la roue chromatique la saturation se repère horizontalement. Elle est représentée par le couple **a***et **b***. L'axe **a***correspond au couple antagoniste vert-rouge (+)a dans la direction du rouge, (-)a dans la direction du vert et l'axe **b*** au couple antagoniste bleu-jaune (+)b dans la direction du jaune, (-)b dans la direction du bleu).

La chromaticité peut également être représentée par deux paramètres: l'angle de teinte hab et le chroma Cab ou niveau de coloration. En supposant une proportionnalité entre les teintes et les angles de teinte, les teintes sont réparties sur un cercle situé dans un plan perpendiculaire à l'axe achromatique. Le cercle des couleurs part du rouge passe par le jaune, le vert, le bleu, et se referme par les pourpres.

$$\Delta C = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2}$$

La différence totale de couleur ΔE , entre deux mesure d'échantillons, a été calculée à partir des paramètres L,a, b, en utilisant l'équation de Hunter-Ecosse (Francis et Clydesdale,1975):

$$\Delta E = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2}$$

Avec : $\Delta a = a - a_0$; $\Delta b = b - b_0$ et $\Delta L = L - L_0$. L'indice "0" indique la couleur de la pâte d'ail au temps $t=0$

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

RESULTATS ET DISCUSSIONS**1. Caractérisation de la matière première avec et sans blanchiment**

Le Tableau 3 montre quelques caractéristiques physiques et biochimiques de l'ail avec ou sans blanchiment. Nos résultats sont cohérents avec ceux de la littérature.

Le blanchiment a un effet sur la teneur en eau et cela peut être expliqué par le fait de plonger directement l'ail dans l'eau chaude.

La teneur en phénols totaux est plus faible dans l'ail blanchi et la couleur évolue plus vers le vert et bleu. La teneur en acide pyruvique est plus importante dans l'ail blanchi.

Tableau 5 : Caractéristiques physico-chimiques de l'ail avant et après traitement thermique.

Caractéristiques	Ail naturel	Ail blanchi	Le condiment
Teneur en eau	69,64 ± 0,33	69,17 ± 1,76	48,84 ± 1,02
pH	6,9	6	8,9
Les sucres totaux (g/100g m.s.)	34,42	34,93	18,71
Polyphénol (mg/100g m.s.)	312,80	433,55	781,23
Acide pyruvique (μM/100g m.s.)	1,3	1,89	0
Couleur	L = 58,05 ± 0,78 a = -2,13 ± 0,06 b = 19,03 ± 0,35	L = 55,55 ± 0,07 a = -3,40 ± 0,20 b = 12,07 ± 0,15	L = a = b =

2. La teneur en eau

L'évolution de la teneur en eau en fonction du temps est représentée dans la figure (10 (a) et (b)). Au temps t_0 la teneur en eau est de 65 % en moyenne. Ces valeurs sont cohérentes avec les données de Lawson, (1996) (62% à 68%) (g/ 100g/mh) et d'autres retrouvées dans la littérature (Belhadj et Zemouri, 2016 ; Boonpeng et al., 2014 ; Pardo et al 2007 ; Mohammad

et al., 2006 ; Haciseferogullari et al., 2005). L'évolution de la teneur en eau en fonction du temps est presque homogène pour la série 2.

Plus la concentration en sel est importante est plus la teneur en eau est faible. Le sel est un agent dépressur. Il permet de réduire l'activité de l'eau d'un aliment plus on ajoute du sel plus l'eau est fortement liée.

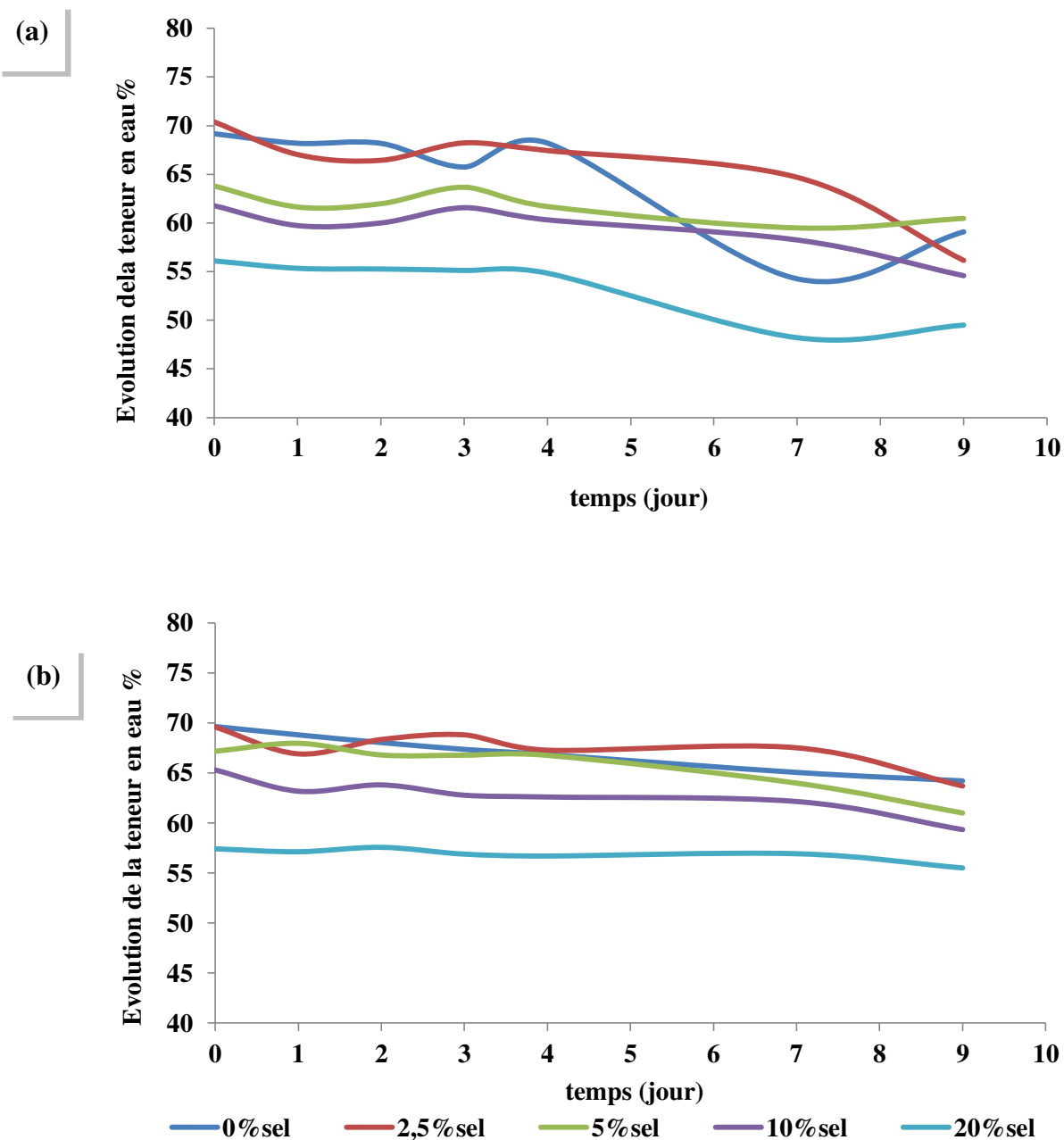


Figure 10 : Evolution de la teneur en eau en fonction du temps

(a) la série 1

(b) la série 2

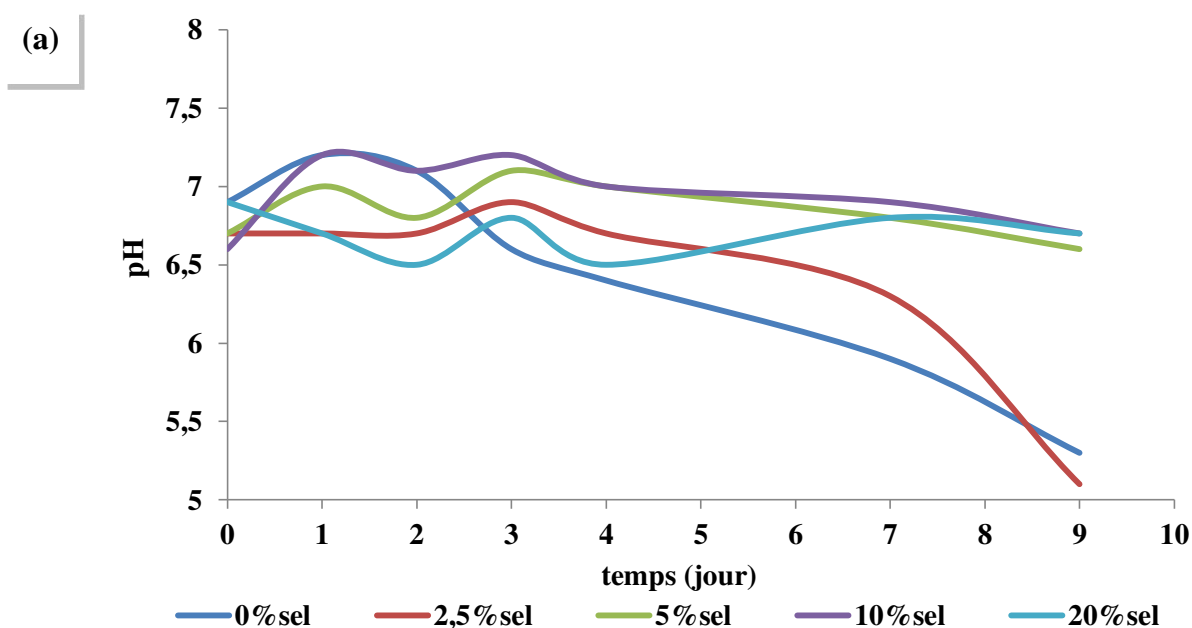
3. Le pH

La figure (11 (a) et (b)) montre l'évolution du pH en fonctions du temps des différents échantillons. A t_0 et sans sel, la valeur du pH est de 6,9 et 6 respectivement pour la série 1 et 2. Le pH varie entre [5,3-7,2] pour la 1^{ère} série et [6-6.9] pour la 2^{ème} série. Ces valeurs sont proches de celle de la littérature (Belhadj et Zemouri, 2016 ; Boonpeng et al., 2014 ; Haciseferogullari et al., 2005, sang et al., 2014).

Les valeurs de pH élevés (6,0 est plus) sont des valeurs qui favorisent les réactions enzymatiques, tandis que les pH faibles (2.0-3.0) favorisent des réactions non enzymatiques.

Plusieurs travaux ont montré que la valeur de pH peut affecter la formation des composés volatiles (Khanum et al., 2004), en particulier thiosulfates et par conséquent leur libération après la lésion des gousses (Rahman, 2007). Un exemple représentatif de ces composés est allicine, qui est un composé très instable. Kopec et al. (2013) ont conclu que la valeur du pH optimal qui contribue à la stabilité de l'allicine varie de 4 à 4,8, tandis qu'à des valeurs de pH inférieures à 3,5, ou pendant le traitement thermique, l'alliinase perd son activité.

D'après Wang et al. (2015), l'allicine dans l'extrait aqueux est le plus stable à un pH de [5-6] mais dégrade rapidement à un pH inférieur ou supérieur en plus l'allicine dans l'eau peut être conservé pendant 5 jours sans dégradation évidente.



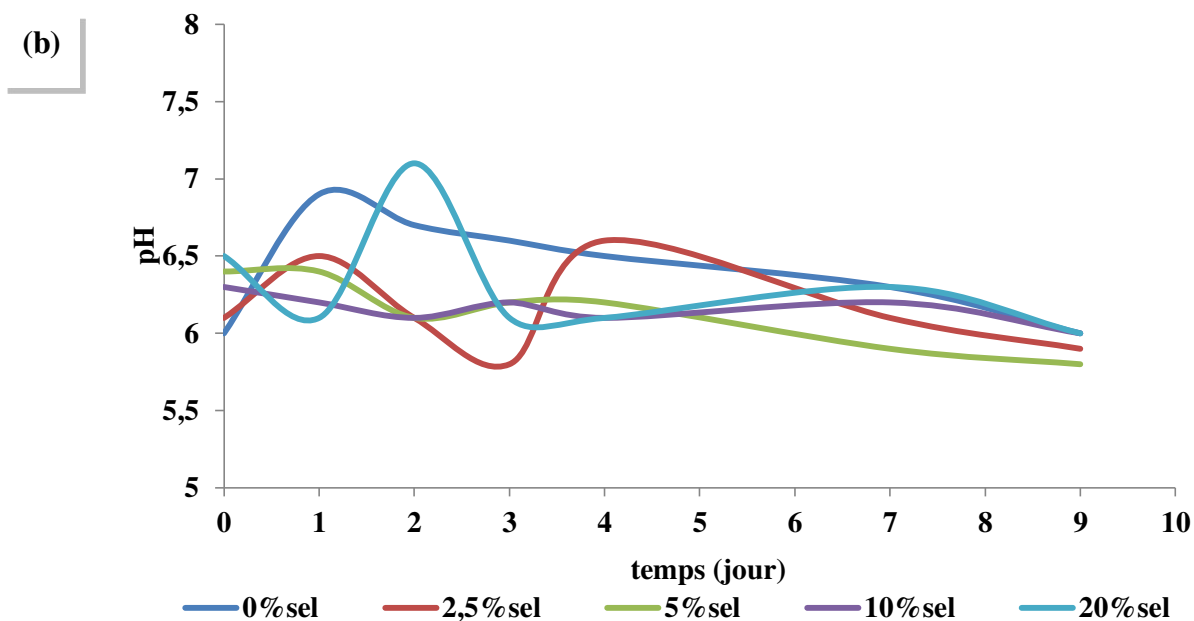


Figure 11 : Evolution du pH en fonction du temps

(a) la série 1

(b) la série 2

4. Les polyphénols totaux

Le dosage des phénols totaux a été réalisé à l'aide du Réactif de Folin-Ciocalteu (RFC), qui en présence de polyphénols et en milieu alcalin se réduit en oxyde de tungstène et de molybdène donnant une couleur bleue.

L'évolution de polyphénols totaux en fonction du temps est représentée Figure 13. L'allure des courbes a été observée par Belhadj et Zemouri, (2016). La teneur moyenne en polyphénols totaux, à t_0 , est de 433,55 mg/100g m.s pour l'ail naturel contre 312,80 mg/100g m.s pour l'ail blanchi.

La teneur moyenne en polyphénols totaux pour la série 1 et à t_0 varie entre [236,51 - 433,55] et pour la série 2 elle varie entre [141,82 - 359,35]. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par Biljana et al (2008).

Les résultats de la série 1 sont importants par apport aux valeurs de la 2^{ème} série. Le processus de chauffage améliore la teneur en phénols en raison du clivage de la forme liée (c'est-à-dire estérifié et glycosylé), ce qui conduit à l'augmentation des formes libres. En outre, une autre raison probable pour une diminution de la teneur en composés phénoliques dans les

échantillons chauffés est l'activation de l'oxydation enzymatique impliquant les composés antioxydants dans le matériau végétal (Dewanto et al., 2002; Nicoli et al., 1999).

De Queiroz et al. (2014) ont indiqué qu'une diminution significative de la teneur en composés bioactifs et de l'activité antioxydante de l'ail se produit après l'ébullition et la friture; Cependant, ces différents résultats pourraient être attribués à une exposition plus longue aux températures élevées, par rapport à l'étude de Locatelli et al. (2015). De plus, Cavagnaro et al. (2007) ont suggéré que l'écrasement des gousses d'ail avant les traitements de cuisson (surchauffage, ébullition et micro-ondes) semble atténuer la perte d'activité antiplaquettaire et la réduction de la teneur en thiosulfates.

Les courbes de la série 1 sont homogènes. Au temps t_3 , on remarque des pics pour les deux séries. Ces pics sont plus apparent pour la série 2 et à 0 et 20 % de sel.

La cinétique d'évolution de la teneur en phénols totaux en fonction du temps montre une diminution progressive pour tous les échantillons. Cette perte phénolique est due à l'action d'enzymes d'oxydation telles que la POD et la PPO. La concentration en sel joue un rôle sur l'activité enzymatique. La teneur en phénols totaux est moins importante à 20% qu'à 0%. Des études comparatives montre que la teneur en phénols totaux sur des extraits d'ail vieillie est plus importante que sur l'extrait d'ail frais ou chauffé (Park, 2009) ou le vieillissement pendant 330 à 360 heures à 68 et 72°C (Choi et al., 2008). En outre, Park et al. (2009) ont observé que, malgré la diminution du contenu phénolique total et de l'activité antioxydante après le processus de chauffage, les extraits d'ail conservaient leurs propriétés antioxydantes et protectrices de la santé, indépendamment de la méthode de traitement implémentée.

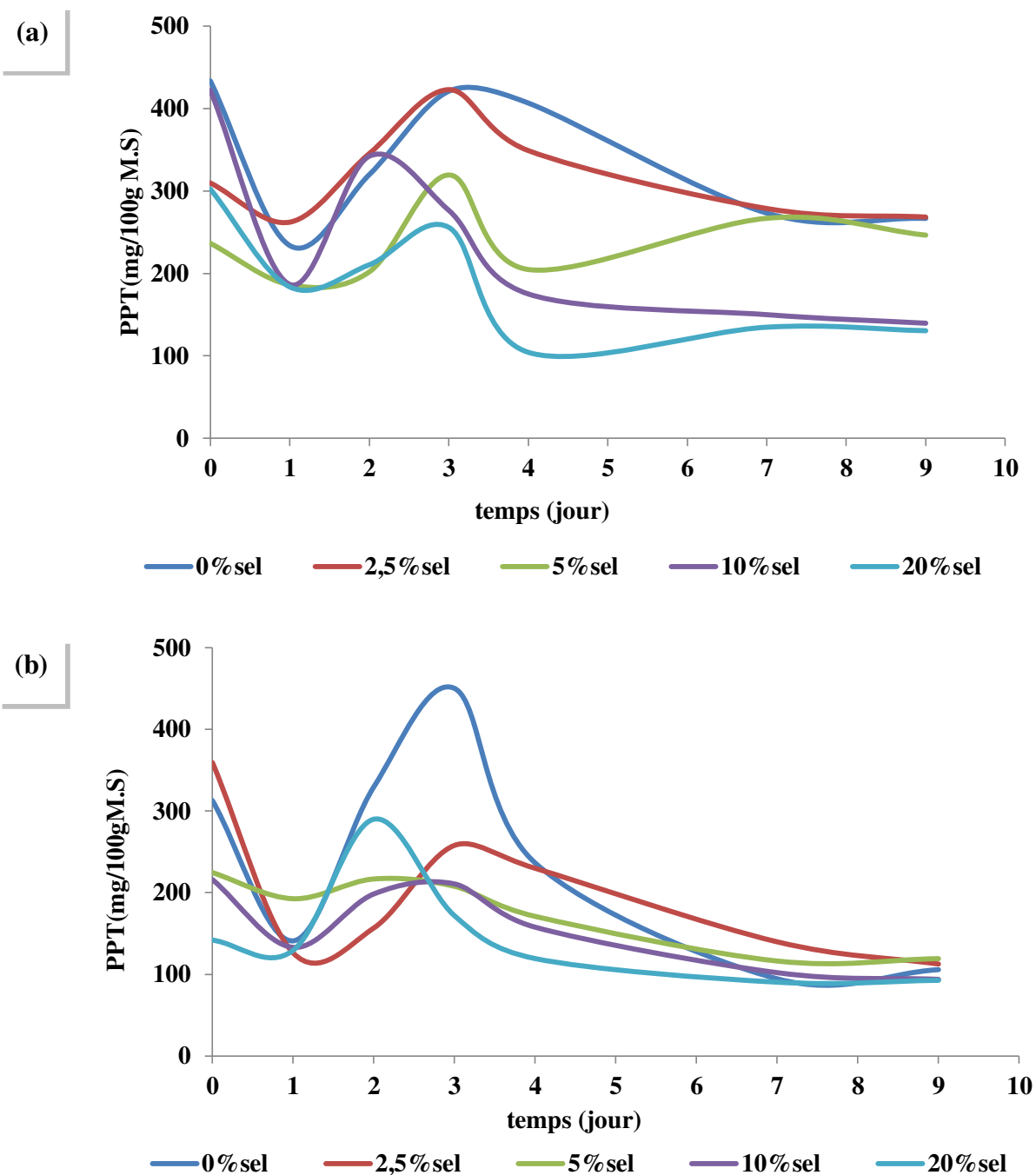


Figure 12 : Evolution de la teneur en polyphénols totaux en fonction du temps

(a) la série 1

(b) la série 2

D'après Fei et ail. (2015), la capacité antioxydante des gousses d'ail était maximale après 8 semaines de stockage à $20 \pm 2^\circ \text{C}$, alors que pour les composés organosulfurés et les polyphénols, la teneur maximale a été observée entre 6 et 8 semaines de stockage, suivie

d'une diminution significative après cette période. Ces résultats ont également été confirmés par Veríssimo et al. (2010), qui ont signalé que la teneur en allicine a diminué au cours du temps de stockage, alors que l'activité antioxydante et le contenu phénolique total ont augmenté.

5. La teneur en sucre

Le dosage des sucres totaux a été effectué par spectrophotométrie. L'évolution de la teneur en sucre en fonction du temps pour les deux séries d'échantillons est présentée Figure 13. On observe une faible teneur en sucre pour les concentrations élevées en sel.

Au temps t_0 , la teneur en sucre pour la série 1 varie entre 20,93 et 34,42 (g/100g m.s.). De même pour la série 2, la teneur en sucre varie entre 22,22 et 34,93 (g/100g m.s.). Ces valeurs sont cohérentes avec ceux de Belhadj et Zemouri, (2016).

L'évolution de la teneur en sucre en fonction du temps montre une baisse progressive pour atteindre des valeurs comprises entre 3,4 (g/100g m.s.) et de 3,7 (g/100g m.s.). Ces valeurs ont été déjà observées par Belhadj et Zemouri, (2016). La diminution de la teneur en sucre peut être expliquée par une activité d'eau favorable pour les activités enzymatique. D'ailleurs, la réaction de l'alliinase sur les sulfoxides alk(en)yl-L-cystéine produit des composés organosulfurés qui réagissent de façon non enzymatique avec des acides aminés et des composés carbonyles provoquant la formation de pigments (Bai et al., 2005). Ces réactions sont favorisées par une coupure du tissu ou par endommagement.

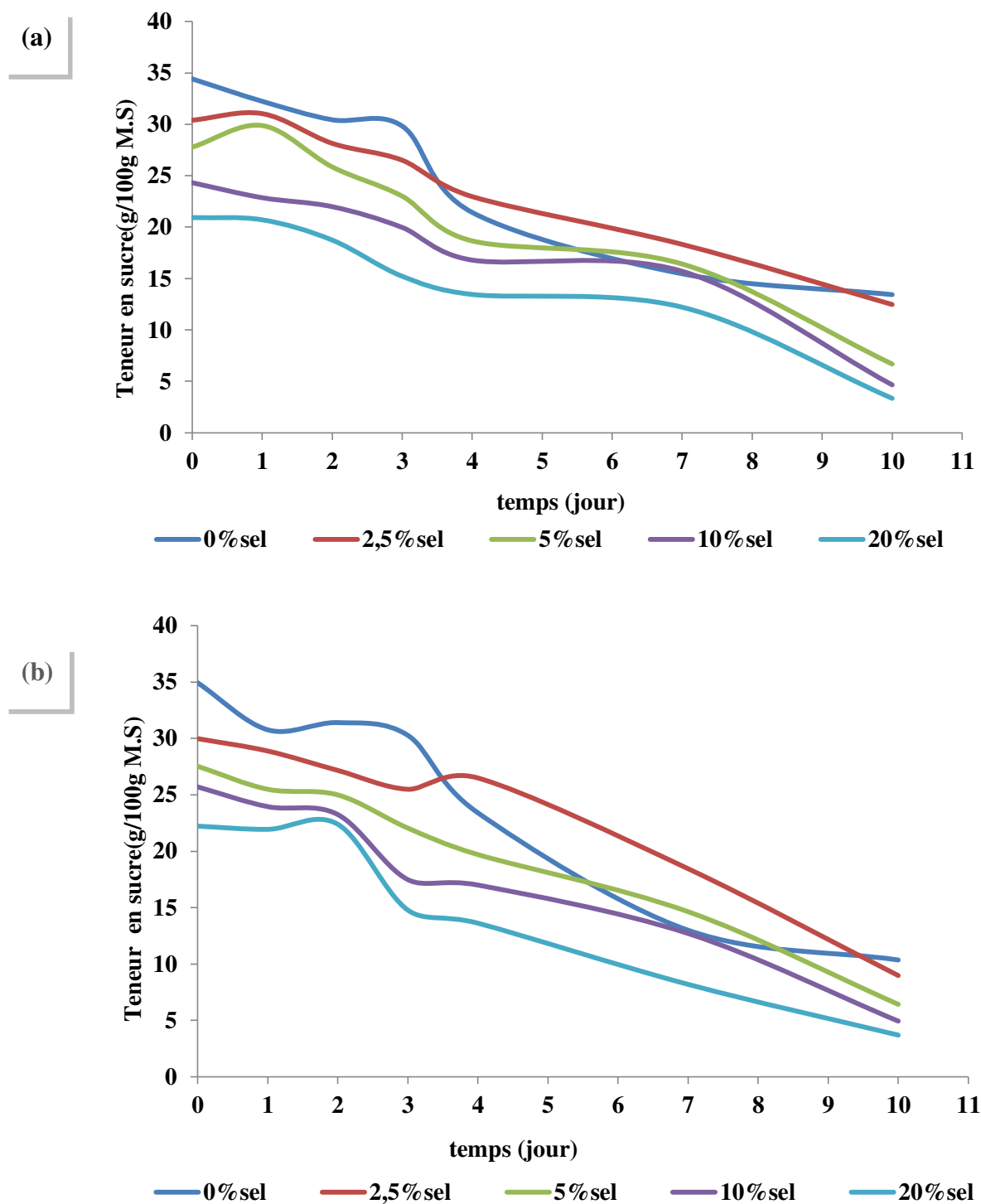


Figure 13 : Evolution de la teneur en sucre en fonction du temps

(a) la série 1

(b) la série 2

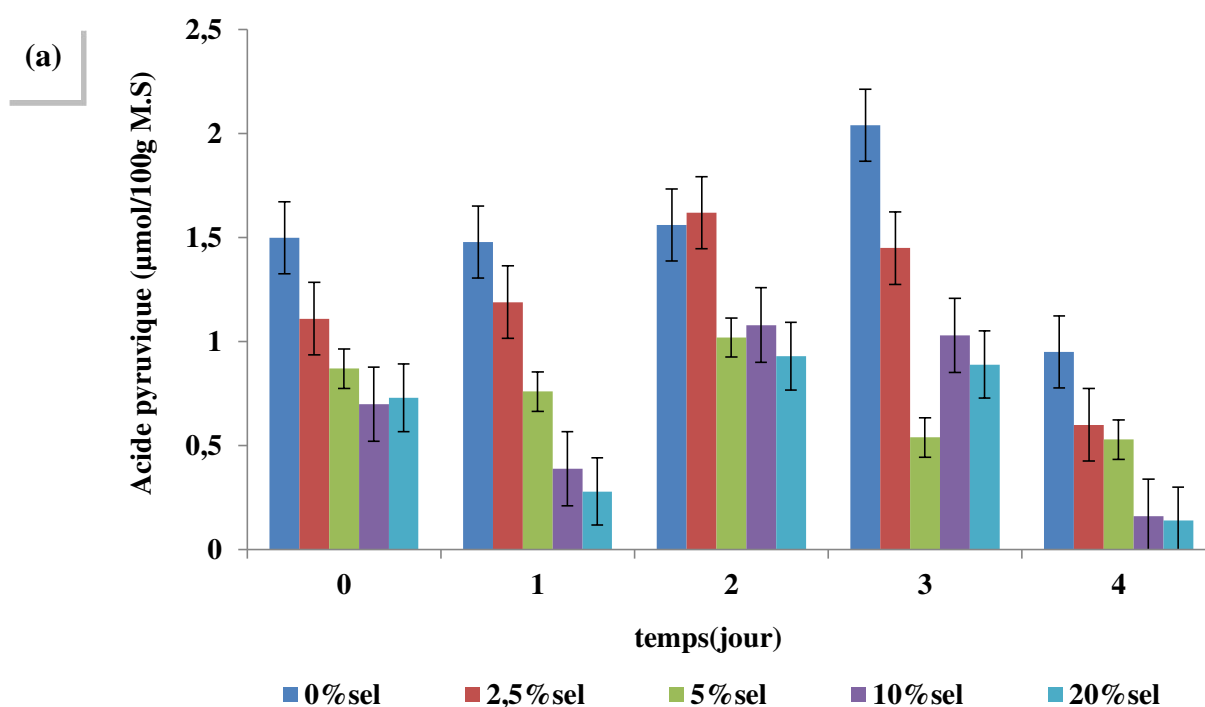
6. Acide pyruvique

Pour les mesures des propriétés nutraceutiques, notre choix a été porté sur la mesure de l'acide pyruvique qui est un composé plus stable.

La Figure 14 représente l'évolution de l'acide pyruvique en fonction du temps. A t_0 et pour la série 1 la valeur est entre [0,95 – 2,04] ($\mu\text{Mole}/100\text{g M.S.}$) et entre [1,25- 1,96] ($\mu\text{Mole}/100\text{g M.S.}$) pour la série 2. Ces valeurs sont cohérentes avec celle de Swimmer et Waston (1961) qui ont trouvé des teneurs comprises entre 1 et 2 % de matière sèche.

La concentration de sel a un effet sur évolution d'acide pyruvique. On remarque que plus la concentration est élevée et plus la teneur en acide pyruvique est faible. On peut l'expliquer par la baisse de l'activité de l'eau donc baisse d'activité enzymatique.

Le blanchiment n'a pas fait d'effet sur la teneur en acide pyruvique de la série 2. On observe que les valeurs sont presque homogènes au cours du temps contrairement à la série 1.



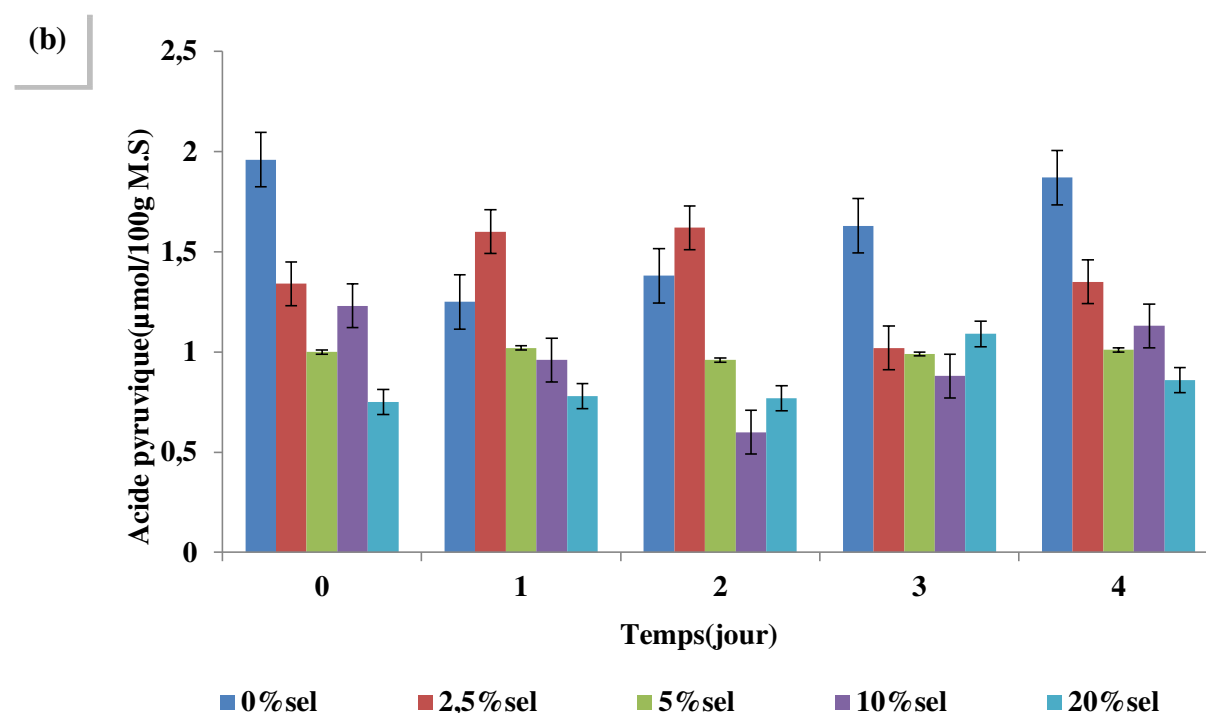


Figure 14 : Evolution de la teneur en acide pyruvique en fonction du temps pour

(a) la série 1

(b) la série 2

Les composés organosulfurés sont parmi les constituants d'ail les plus communs et les plus représentatifs étudiés (Higuchi et al., 2003; Hong & Kim, 1997; Rahman, 2007a), car en dehors de leurs propriétés bioactives reconnues, la plupart de ces composés odorants sont largement instables et facilement décomposés. Donc, après que les gousses d'ail sont soumises à des techniques de traitement mineures, certains de ces composés sont transformés ou même disparaissent.

7. La couleur

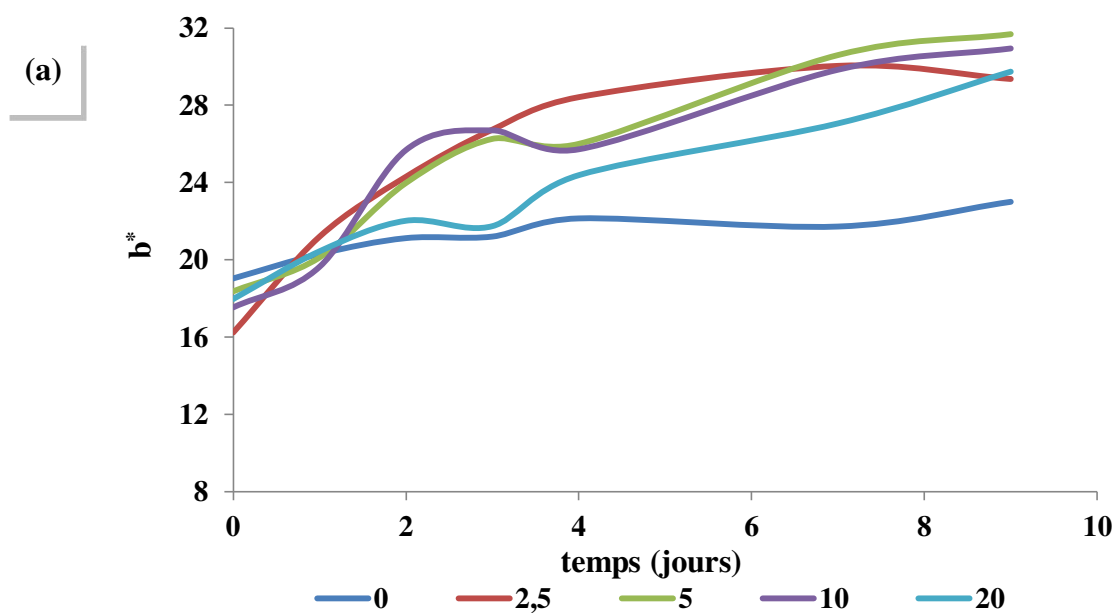
Les échantillons de pulpe d'ail broyée au mortier sont hétérogènes. Les outils actuellement disponibles pour mesurer la couleur sont adaptés à des surfaces planes. Pour chaque essai les mesures des paramètres trichromatiques L^* , a^* et b^* (5 répétitions sur chaque lot) ont été réalisées entre le couvert et la boîte de pétrie. La réflectance total de la pâte d'ail a été

enregistré à différents temps (jours) de stockage (0, 1, 2, 3, 4, 7, 9) et à températures ambiantes.

La figure 15 montre l'effet du temps de stockage et de la température sur le brunissage de la pâte d'ail. Les échantillons de pâte ont initialement une couleur blanche-crèmeuse, représenté par des valeurs de paramètres Hunter L entre 55,55 et 58,05 et b 12,07 et 19,03 respectivement pour l'ail blanchis et sans blanchiment.

Les paramètres de Hunter L et b ne montrent pas d'évolution dans le temps dans le cas des pâtes blanchies par rapport aux pâtes sans blanchiment.

Le paramètre b a considérablement augmenté particulièrement pour la concentration en sel de 10 %.



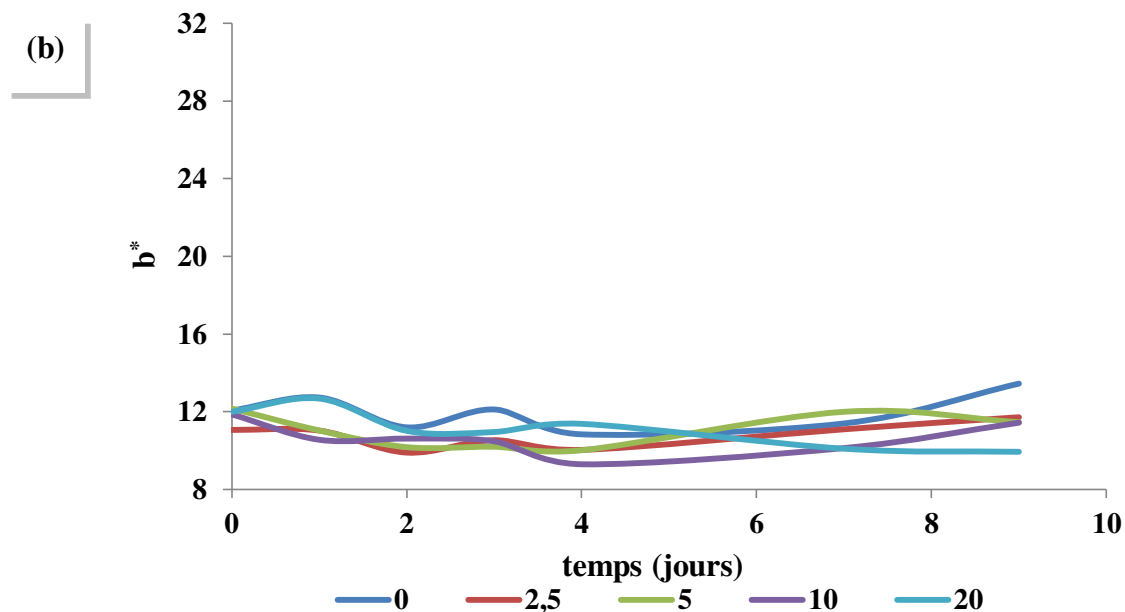


Figure 15 : Evolution du paramètre trichromatique b^* en fonction du temps

(a) la série 1

(b) la série 2

La Figure 16 représentant l'évolution du paramètre "différence totale de couleur", ΔE , en fonction du temps. L'échantillon témoin présente une évolution de ΔE la plus faible, de même une légère évolution est observée pour l'échantillon à 20 % en sel (Figure 15(a)).

L'évolution de la couleur, pour l'échantillon dont la concentration en sel est de 10 %, est très importante. La valeur de ΔE au temps t_0 est entre 2,29 à 5,83 pour la concentration de 10 à 2,5 % de sel.

L'évolution de la ΔE passe de 2,29 pour l'échantillon au temps t_0 , à 18,81 pour les échantillons avec une concentration en sel de 10%, au 9^{ème} jour. La même évolution a été observée par Belhadj et Zemouri, (2016). Ces valeurs sont un peu élevées par rapport aux résultats de Constenla et Lozano, (2005), sur les pâtes après traitements thermiques et chimiques (avec un ΔE entre 6 et 14, après 23 jours de stockage).

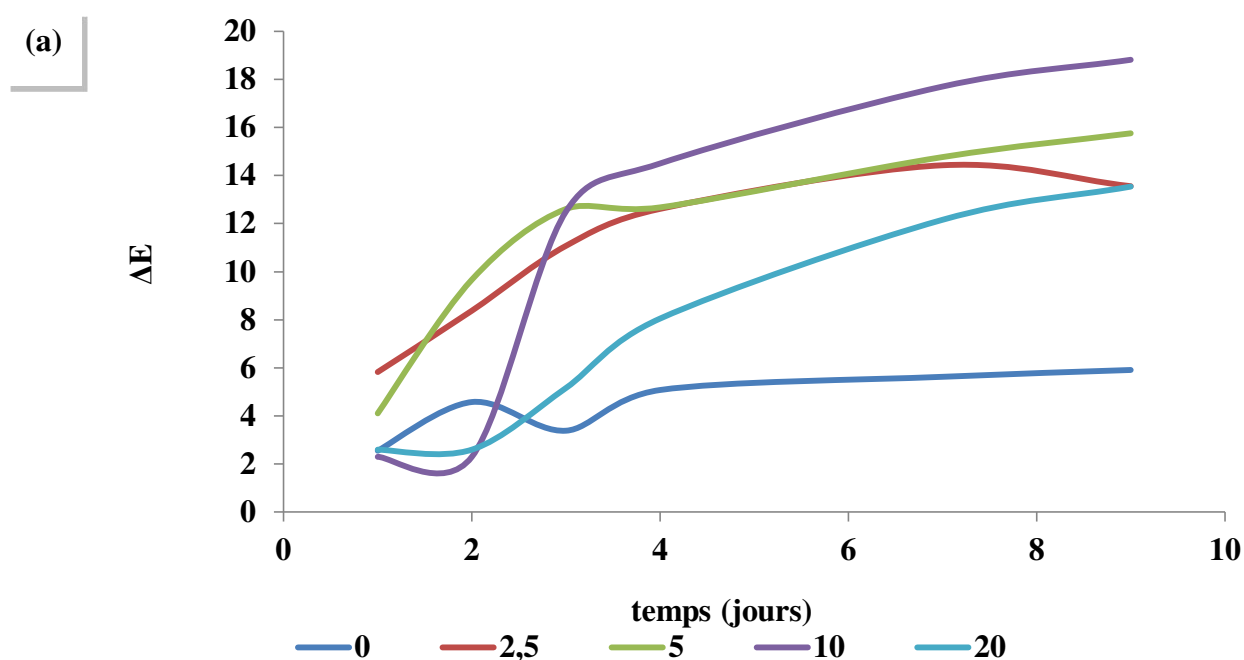
La variation de ΔE pour des pâtes blanchis est très faible et varie de 0,71 à 2,38.

L'évolution de la différence totale de couleur (ΔE) a été divisée en deux périodes linéaires avec des pentes différentes. Cette division de courbe est beaucoup plus apparente avec le

Chroma (C^*) (Figure 17). La différence de couleur ΔE est atténuée d'autant plus que le facteur de saturation est grand.

L'un des problèmes majeur lors de la fabrication de la pâte d'ail est la coloration par oxydation des composés phénoliques (Constenla et Lozano, 2005). Lukes (1986) a indiqué que le S-d'acides aminés (1-propényl) cystéine sulfoxyde était responsable du développement de la couleur verte et recommande que les bulbes d'ail doivent être conservé à une température égale ou au-dessus 23 °C pendant au moins un mois pour empêcher l'évolution de la couleur verte dans le produit. Cependant, aucune information spécifique n'est disponible sur les procédés de fabrication de la pate et de son verdissement pendant la préparation et le stockage.

Constenla et Lozano, (2005) ont montré que la température de stockage et les additifs chimiques (l'acide ascorbique, l'acide citrique et sorbate de potassium) agissent sur la couleur de la pate d'ail. Formation de pigment verdâtre indésirable a été évitée en stockant les bulbes d'ail frais à 25 et 40°C. La pate d'ail traitée, emballée thermiquement à 85°C pendant 5 min.



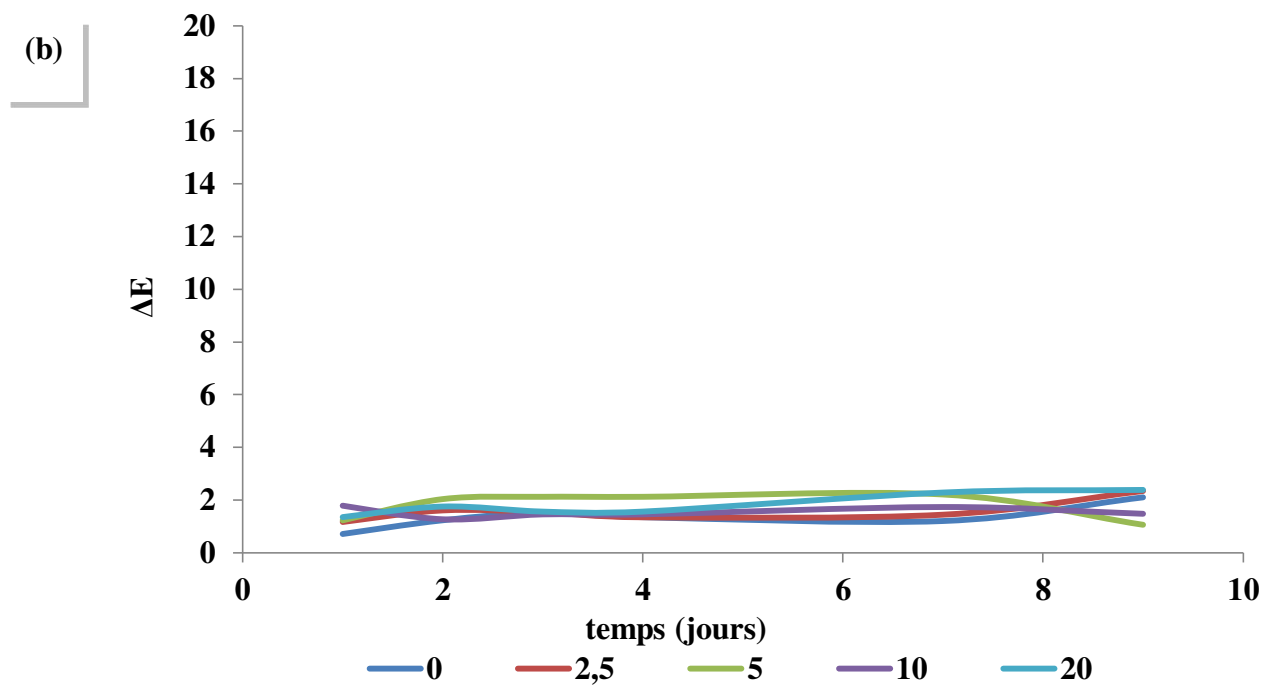


Figure 16 : Evolution de ΔE en fonction du temps

(a) la série 1

(b) la série 2

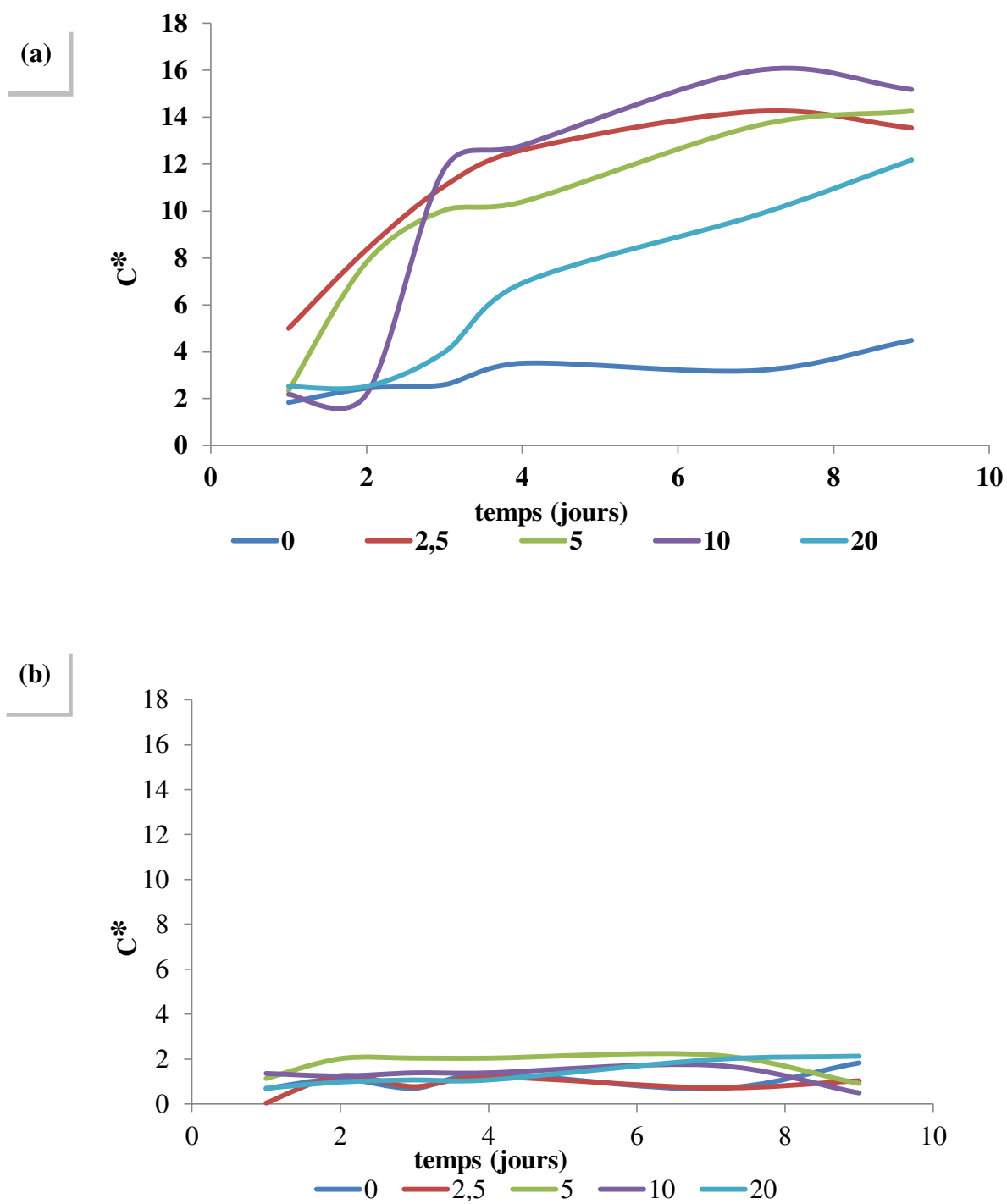


Figure 17 : Evolution de C^* en fonction du temps

(a) la série 1

(b) la série 2

CONCLUSION

CONCLUSION

La valorisation des savoir-faire et l'amélioration de la qualité du produit, passent par la compréhension de la matière première qui le compose. La pâte d'ail peut être une alternative potentielle qui permettrait de conserver l'odeur délicate et la fraîcheur de l'ail. Cette technique ancestrale de transformation et de conservation de l'ail nécessite d'être valorisée localement ou à l'échelle industrielle. L'autre avantage de cette technique de transformation de l'ail est la valorisation de l'excédent de la récolte en pâte.

Pour valoriser et améliorer la réputation de ce produit de terroir et donc sa valeur sur les marchés et améliorer la qualité moyenne de ce produit ainsi répondre aux exigences du consommateur, notre approche porte sur la compréhension des réactions physico-chimiques qui interviennent au cours de la transformation en premier temps et l'amélioration de la qualité du produit fini.

La transformation traditionnelle de d'ail en pâte consiste essentiellement dans la séparation et le pelage des gousses, l'addition de conservateurs (sel) et antioxydants suivie par l'ajout de la coriandre en poudre et enfin de l'huile d'olive.

Pour éviter la coloration par oxydation des composés phénoliques, nous avons observé des effets non négligeables du blanchiment sur la couleur. Ce processus peut être remplacé par un traitement thermique de la pâte après conditionnement dans des pots en verre hermétiquement fermés.

La concentration en sel, permet de réduire l'activité de l'eau et par conséquent réduire partiellement les activités enzymatiques. L'échantillon avec une concentration en sel de 20 % est plus stable. Cet échantillon présente un pH constant de 7. Nous avons constaté que le pH n'évolue pas pour les échantillons des deux séries sauf pour les concentrations en sel de 0% et 2,5 % de la série 1. Le blanchiment a empêché le brunissement mais les teneurs en PPT et en acide pyruvique sont élevées. La concentration en sel a favorisé le brunissement et la perte de la teneur en acide pyruvique. La couleur de la pâte d'ail a été affectée par la concentration en sel et la période de stockage. La différence totale de couleur (ΔE) a été divisée en deux périodes linéaires avec des pentes différentes pour la série 1 et stable pour la série 2.

Une autre étude peut être faite sur les variations du pH par l'ajout de l'acide ascorbique ou l'acide citrique.

Conclusion

Enfin, le traitement de la pâte dépend généralement en grande partie des caractéristiques rhéologiques. En outre, l'examen des propriétés rhéologiques de la pâte d'ail est une étape importante dans la caractérisation et la compréhension de ses propriétés fonctionnelles. Ainsi, une étude sur les paramètres rhéologiques de la pâte d'ail avec la température aiderait non seulement à maintenir la qualité du produit, mais aussi à optimiser la production mécanique en utilisant un système de broyage et d'extrusion approprié.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- Agarwal, K.C. 1996. Thérapeutic actions of garlic constituents. *Med. Res. Rev.* 16 (1):111-124.
- Amagase H. 2006. Clarifying the real bioactive constituents of garlic. *J Nutr.* 136:716S–25S
- Ankri, S. and Mirelman, D. 1999. Antimicrobial properties of allicin from garlic. *Microbes and Infection.* 1: 125-9.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis' of the Association of Official Analytical Chemist International. In: S. Williams, 14th Ed. AOAC International, Arlington, Virginia, USA.
- Ariga, T., Tsuji-Seki, T. Moritomo, T. and Yamamoto, J. 2000. Antithrombotic and antineoplastic effects of phyto-organosulfur compounds. *Biofactors* ,13(1-4):251-255.
- Augusti, K.T. 1996. Therapeutic values of onion and garlic. *Ind. J. Exp. Biol.* 64,334-336

B

- Ball, C.O. and Olson, F.C.W. 1957. Sterilization in Food Technology. McGraw Hill, New York.
- Ban J.O., Oh J.H., Kim T.M., Kim D.J., Jeong H., Han S.B., Hong J.T., 2009. Anti-inflammatory and arthritic effects of thiacepromone, a novel sulfur compound isolated from garlic via inhibition of NF- κ B. *Arthritis Research & Therapy*, 11: R145.
- Beier, R.C. and Nigg H.N. 1992. Natural toxicants in food: phytochemical Resources for Medicine and Agriculture, Nigg H-N, et seigler D-S New York: plenum press, 201-223.
- Bernhardt, L.W. and Delazari, I. 1980. Preliminary studies on production and processing of garlic paste. *Boletim Instituto Tecnol. Alim. Brazil.* 17,65-72.
- Biljana, B. Neda, M.D., Isidora, S., Anackov, G. and Ruzica, I. 2008. Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum*; Alliaceae). *Food Chemistry.* 111(2008):925-929.

Boonpeng, S., Siripongvutikorn, S., Sae-Wang, C. and Sutthirak, P., 2014. The antioxidant and anti-cadmium toxicity properties of garlic extracts. *Food Science et Nutrition*. 2(6):792-801.

Bouras, A.D. 1994. Biochimie alimentaire. Office des publications universitaires : Alger ,77-89.

Bradley, 1992. Recueil réduit la démence et la maladie cardiaque. *J nutr*. 136(3):810-812.

Burow, M., Wittstock, U., Gershenzon, J. 2008. Sulfur containing secondary metabolites and their role in plant defense. *In sulfur metabolism in phototrophic organisms*. Springer .201.222.

C

Cardelle-Cobas, A., Moreno, F.J., Corzo, N., Olano, A. and Villamiel, M. 2005. Assessment of initial stages of Maillard reaction in dehydrated onion and garlic samples. *J. Agric. Food Chem*. Nov 16;53(23):9078-82.

Cavagnaro, P. F., Camargo, A., Galmarini, C. R., & Simon, P. W. (2007). Effect of cooking on garlic (*Allium sativum* L.) antiplatelet activity and thiosulfinates content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 1280–1288.

Cavallito, C.J. and Bailey, J.H. 1944. Allicin, the anti-bacterial principle of *Allium sativum*. *J. Am. Chem. Soc.*, 66 (11): 1950–1951.

Choi, D.J., Lee, S.J., Kang, M.J., Cho H.S., Sung, N.J. and Shin, J.H. 2008. Physicochemical characteristics of black garlic (*Allium sativum* L.). *J. Korean Soc Food Sci. Nutr.*, 37:465-471. Constenla, D.T. and Lozano, J.E. 2005. Garlic paste processing and characteristics. *Journal of Food Process Engineering*. 28, 313-329.

Coste, H. 1937. Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse, et des contrées limitrophes, Second Tirage, Paris: librairie des sciences et des ARTS.

D

Damrau F., Ferguson E.A., 1949. The Modus Operandi of Carminatives: The Therapeutic Value of Garlic in Functional Gastrointestinal Disorders. *The American Journal of Gastroenterology*, 16 (5): 411-419.

De Man J.C., Rogosa M. and Sharpe, E. 1960. A medium for the cultivation of *Laetobacilli*. *J. appl. Bact.*, 23, 310p.

Dembele S. and Dubois P. 1973. Composition d'essence shallots (*Allium cepa* L. var *aggregatum*). *Annales de technologie agricole*, 22:121.

Dewanto, V., Wu, X., Adam, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 3010–3014.

Didry, N. L., Dubreuil, and Pinkas M. 1992. Antimicrobial activity of naphthaquinones and allium extracts combined with antibiotics. *Pharm. Acta. Helv.* 67:148-151.

Du, W.X., Olsen, C.W., Avena-Bustillos, R.J., McHugh, T.H., Levin, C.E., Mandrell R. and Friedman, M., 2009. Antibacterial Effects of Allspice, Garlic, and Oregano Essential Oils in Tomato Films Determined by Overlay and Vapor-Phase Methods. *Journal of Food Science*, 74(7) : M390-M397.

Dubois M; GILLES K; HAMILTON J.K; REBERS P.A. and SMITH F. 1965. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. chem.*, 28:350-356.

E

Ellmore, G.S. and Feldberg R.S. 1994. Alliin lyase localization in bundle sheaths of garlic clove (*Allium sativum*). *American Journal of Botany*. 81-91.

Edetrant K. 2002. Quebec pharmacie. vol 49, n°10.

F

Farnsworth, N.R. and Bunyapraphatsara. 1992. Thai medicinal plants. Bangkok - PRACHACHON.

FAO 2017

FAO STAT 2014 : Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fei, M. L. I., Tong, L. I., Wei, L. I., & De Yang, L. (2015). Changes in antioxidant capacity, levels of soluble sugar, total polyphenol, organosulfur compound and constituents in garlic clove during storage. *Industrial Crops and Products*, 69, 137–142.

Francis F. J. Clydesdale Und F. M. 1975. Food Colorimetry: Theory And Applications. The Avi Publishing Company, 477p.

Fujisawa, H., Suma, K., Origuchi, K., Kumagai, H., Seki, T., & Ariga, T. (2008). Biological and chemical stability of garlic-derived allicin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 4229–4235.

G

Garnier G., Bezanger-Beauquesne, L. and Debraux, G. 1961. Ressources médicinales de la flore française 1 Paris : Vigot, 1511 p.

Girre L., 1980. Connaitre et reconnaitre les plantes médicinales, Rennes : Ouest France 333 p.

Gooden, B. 1997. Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales *Tec et doc* 346-354.

Gorinsten, S. and Drzeviecki, . 2005. Comparaison of the bioactive compound and antioxidant potentiels of fresh and Cooke polish Ukraine and israélien garlic . *Jagri food chem* 53(7):272.2732.

Grégrova, A. Cizkova, H. Bulantova, I. , Rajchl A. and Voldrich, M. 2013. Charactzristics of Garlic of the Czech origin Czech. *J . Food Sci* .31(6):581-588.

H

Haciseferogullari, H., Ozcan, M., Demir, F. and Calisir, S. 2005. Some nutritional and technological properties of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Food engineering*, 68,463-469

Hong, S. and Kim, D.M. 2001.Storage quality of choppedgarlic as influenced by organicacids and high - pressure treatment j – *Sci. food Agric.* 81, 397-403.

I

ITCMI-Institut Technique Des Cultures MaraichèresetIndustrielles 2010.La culture de l'ail .Fiches techniques valorisées des cultures maraichères et Industrielles.

J

Jaiswal, K. A., Gupta, S., &Ghannam, N. 2012. Kinetic evaluation of colour, texture, polyphenols and antioxidant capacity of Irish York cabbage after blanching treatment.*Food Chemistry*, 131, 63–72.

Jung, S. 2005. Apport des drogues végétalesdans la prévention des maladies cardiovasculairesliées à l'hypercholestérolémie.

Juntachote, T., Berghofer, E., Sieberenhandi, S. and Bauer, F. 2006.The antioxidative properties of holy basil and Galangal in cooked ground park.*Meat science*.72,446-456.

K

Karmas, R., Buera, M.P., Karel, K. Effect of glass transitions on rates of non-enzymatic browning in food systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 1992, 40, 873–879.

Krest, I. and Keusgen, M. 1999. Quality of herbal remedies from *Allium sativum*, differences between alliinase from garlic powder and fresh garlic.*PlantaMedica* .65,139-143.

Krokida, K.M., Kiranoudis, C.T., Moroulis, Z.B., and Marinos-kouris D. 2000.Drying related properties of apple.*Drying Technology*. 18(6),1251-1267.

L

Lambinon, J. Delvosalle, L. and Duvigneaud, J. 2004. Nouvelle Flore de la Belgique, duché de luxembourg, du nord de la France et des Régionsvoisines (ptéridophytes et spermatophytes). J éd .Meise, Edition du patrimoine national de belgique.

Langdon, T.T. 1987. Prevention of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfiting agents.*Food Technol*.41(5), 64–67.

Lanzotti, V. 2006. The analysis of onion and garlic, *journal of chromatography A* .1112:3.22.

Lawson, L.D. 1998. Garlic: a review of its medicinal and indicated active compounds. In: Lawson L.S., Bauer R., Editors, *phytomedicines of Europe: chemistry and Biological Activity*, Acs symposium series 691, *Am-chem. Soc. Washington*- 176-209p.

Lawson, L.D. 1996. The composition and chemistry of garlic cloves and processed garlic, in: Kochh, P., LAWSON L, D (eds), *garlic: the science and therapeutic*.

Lee E. N. ; Choi Y. W and Kim H. K. 2011. Chloroform extract of aged black garlic attenuates TNF- α -induced ROS generation, VCAM-1 expression, NF- κ B activation and adhesiveness for monocytes in human umbilical vein endothelial cells. *Phytotherapy Research*, 25, (1), 92–100.

Lukes, T.M. 1986. Factors governing the greening of garlic paste. *J. Food Sci* .51, 1577-1582.

M

Madamba. P.S., Driscoll, R.H., Buckle, K.A. 2007. Models for the specific heat and thermal conductivity of garlic. *Drying technology: An international Journal*. 13, 295-317.

Miean, K.H. and Mohamed, S. 2001. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol) Content of edible tropical plant. *J Agri food chem* 49(6):3106-3112.

N

Nair A., Khar A., Hora A and Malik C.P. 2013. Garlic: Its Importance and Biotechnological Improvement. *An International Journal of Life Sciences*. 2, 1, pp. 72-89.

Nakagawa, H., Tsuta, K., Senzaki H., Hioki, K. and Tsubura, A. 2001. Growth inhibitory effects of diallyl disulfide on human breast cancer cell lines. *Carcinogenesis*. 22(6):891-897.

Nicoli, M. C., Anes, M., Parpinel, M. T., and Franceschi, S. 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruits and vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 10, 94–100.

P

Park, J.H., Park, Y.K. and Park, E. 2009. Antioxidative and antigenotoxic effects of garlic (*Allium sativum* L.) prepared by different processing methods. *Plant Foods Hum. Nutr.* 64:244-249.

Pardo, J. E., Escribano, J., Gómez, R., and Alvarruiz, A. 2007. Physical-chemical and sensory quality evaluation of garlic cultivars. *Journal of Food Quality*, 30, 609–622.

Pezzutti, A. and Crapiste, G.H. 1997. Sorptional equilibrium and drying characteristics of garlic. *J. Food Eng.* 31, 113-123.

R

Rahman, K. 2007. Effects of garlic on platelet biochemistry and physiology. *Molecular Nutrition Food Research*. 51, 1335-1344.

Rahman, M.S., H.I. Al-Sheibani, M.H. Al-Riziqi, A. Mothershaw, N. Guizani, and G. Bengtsson. 2006. Assessment of the anti-microbial activity of dried garlic powders produced by different methods of drying. *Intl. J. Food Properties*. 9:503-513

Ratti, C. Araya-Farias, M. Mendez-Lagunas, L. and Makhoul, J. 2007. Drying of Garlic (*Allium sativum*) and Its Effect on Allicin Retention. *Drying Technology*. 25: 349–356.

S

Sabater-Molina M., Larque E., Torrella, F., Zamora, S., 2009. Dietary fructooligosaccharides and potential benefits on health. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 65 (3) : 315-328.

Schwimmer, S. And Guadagni, D.G. 1962. Relation between olfactory threshold concentration and pyruvic acid content of onion juice. *J. Food Sci.* 27(1):94-97.

Sendl A., Schliack M., Loser R., Stanislaus F., Wagner H. 1992. Inhibition of cholesterol synthesis in vitro by extracts and isolated compounds prepared from garlic and wild garlic. *Arteriosclerosis*, 94(1):79-85.

Shahidi, F. and Naczki, M. 1995. Sources, chemistry, effects, applications. *In Food phenolics*. Lancaster Basel: Technomic Publishing Co. pp. 128.

Sica-Sol. 1969. Method for making garlic paste. FR Patent. 1,560,735.

Silagy, C.A. and Meilh, A. 1994. Garlic lipid lowering agent. *a meta, analysis journal royal college of physicians of london*. 28:39-45.

Sterling, S.J. and Eagling, R.D. 2001. Agronomic and allicin yield of Australian group garlic. *Acta Horticult.* 555, 63-73.

Swimmer, S.S. and Waston, W.J. 1961. Enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. *J. a GRIC. Food chem.* 9.301-304.

Szymanek, M. 2011. Effects of blanching on some physical properties and processing recovery of sweet corn cobs. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 1164–1171.

T

The Merck Index online, 2006.

W

Wang, W.M., Siddiq, Sinha, N.K. and Cash, J.N. 1995. Effect of processing conditions on the physico-chemical and sensory characteristics of Stanley plum paste. *J. Food Processing Preservation*. 19, 658-1.

Wang, H., Li X., Shen, D., Qiu, Y., Zhang, X., Song, J. 2015. Influence of pH, concentration and light on stability of allicin garlic (*Allium sativum* L.) aqueous extract as measured by UPLC. *J. Sci. Food Agric.* 95 (9):1838-44.

Waterer, D. and Schmitz, D. 1994. Influence of variety and cultural practices on garlic yields in Saskatchewan. *Can J Plant Sci* 74(3):611-614.

World Health Organisation. 1999. WHO monographs on selected medicinal plants. vol. 1. WHO: Geneva.

Wichtl, M. and Anton, R. 2003. *Plantestherapeutiques : tradition, pratique officinale, science et thérapeutique* - 2^{ème} édition Paris : Ed. Tec et Doc-Lavoisier ; Cachan: Ed. Médicales Internationales. 692 p.

Wong, M. and STANTON, D.W. 1993. Effect of removal of amino acids and phenolic compounds on non-enzymatic browning in stored kiwifruit juice concentrates. *Lebensm. Wiss.u. Technol.* 26, 138–144.

Y

Youngken, H.W. 1950. Textbook of pharmacognosy, GTH ed philadelphia. 182-183

ANNEXES

ANNEXES 1

Préparation de la courbe d'étalonnage de polyphénols totaux

- Peser 200mg d'acide gallique
- Les dissoudre dans 100ml d'éthanol, Soit une solution (S1) avec une concentration de 2mg/ml

Diluer la solution mère comme suit:

- Prélever 5ml de la solution mère puis rajouter 5ml d'eau distillée et l'on obtient la dilution S/2
- Prélève 5ml de la solution S/2 puis rajouter 5ml d'eau distillés et soit la solution S/4
- Refaire même procédure pour les autres dilutions

Le tableau suivant représente la préparation des dilutions de l'acide gallique pour la réalisation de la standard des phénols totaux

La courbe d'étalonnage des poly phénols totaux

Dilutions	S	S/2	S/4	S/8	S/16	S/32	S/64	S/128	S/256	S/512
[C]mg/ml	200	100	50	25	12,5	6,25	3,13	1,56	0,78	0,39

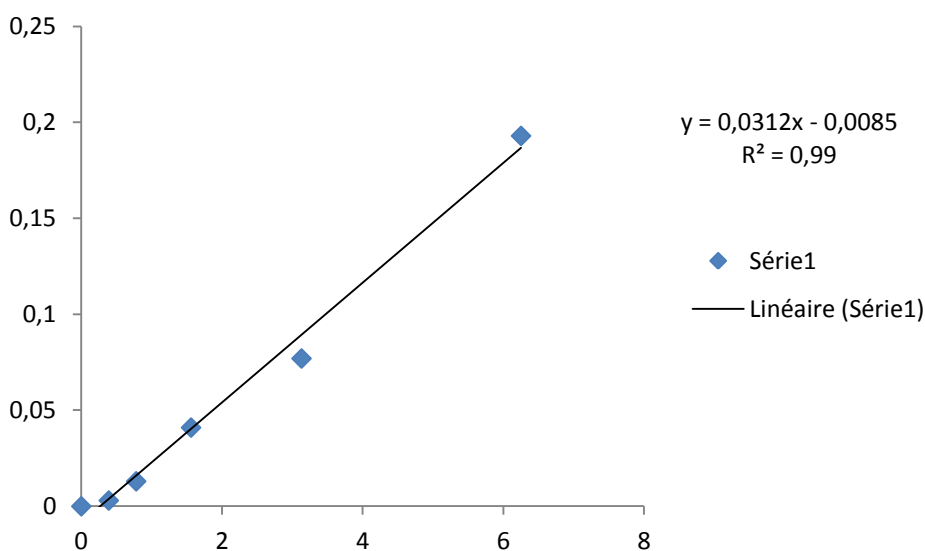


Figure représente la courbe d'étalonnage de polyphénol totaux

ANNEXES 2

Dosage des sucres totaux**Préparation de l'extrait**

En prendre 1ml d'extrait puis rajouter 1ml de la solution de phénol à 5%, et 5ml d'acide sulfurique concentré (95-98%).Après homogénéisation la densité optique est mesurée à 490nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

Courbe d'étalonnage des sucres totaux

Une gamme étalon de glucose dans l'intervalle 0.0-0.30g/l (tableau suivant) est préparée à partir d'une solution mère à 5g/l

	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Sol glucose (ml)	0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
H2O (ml)	10	9.8	9.7	9.6	9.5	9.4
Sol phénol (ml)	1	1	1	1	1	1
Sol H2SO4 (ml)	5	5	5	5	5	5
[C] glucose (mg/ml)	0	0.1	0.15	0.2	0.25	0.30

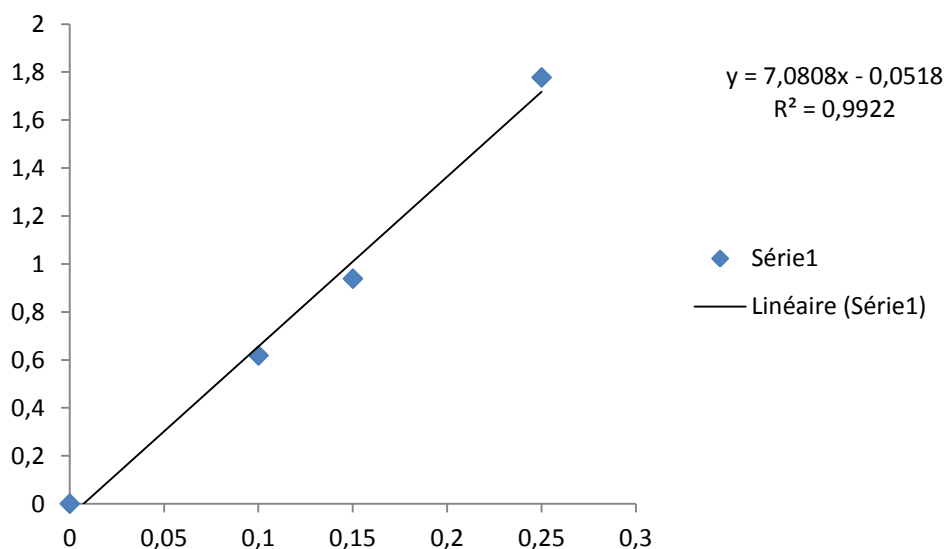


Figure représente la courbe d'étalonnage des sucres totaux.

ANNEXES 3

Préparation de standard (d'acide pyruvique)

On prend 5ml d'acide pyruvique concentrés et mètre dans une fiole conique de 100ml puis rajoute d'eau distillée jusqu'a très, on suite on fait dilution (voir tableau).Après on fait la méthode spectre photométrique a $\lambda=420\text{nm}$.

	T0	T1	T2	T3	T4	T5
AP	0	1	2	3	4	5
EAU	100	99	98	97	96	95
[C]	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5

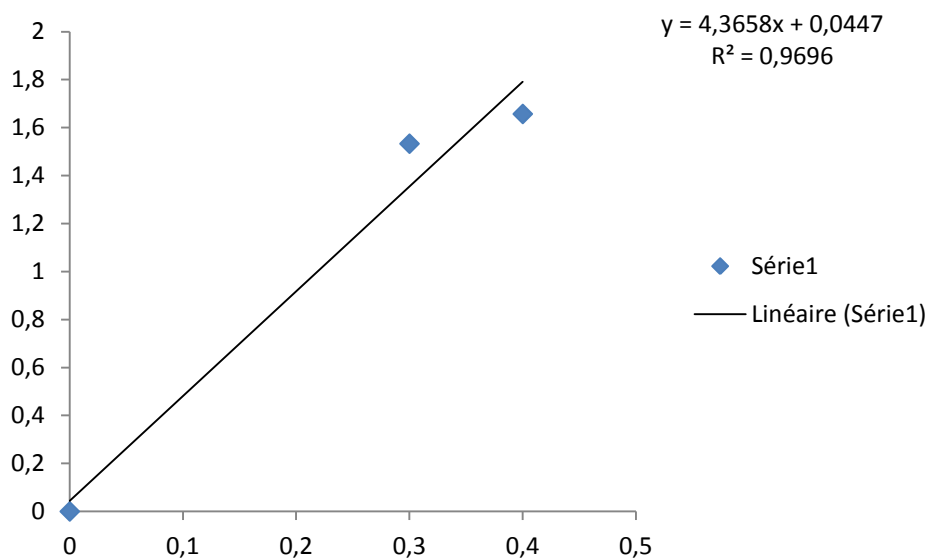


Figure représente la courbe d'étalonnage d'acide pyruvique

ANNEXES 4

Matérielle et réactif	
Matérielles	Réactifs
• Mortier • Entonnoir • Papier filtre • étuve • Eprouvettes graduée de 50ml, 100ml • Pipettes de 5, 10,et 20 ml • Erlens meyers de 150 • Fiole conique • Spectrophotomètre • Tube à essais • Bain marie • Pipette • Balance analytique • Bécher • PH mètre • Agitateur • Vortex • Spa tus • Barreaux magnétique • Capsule • Dessiccateur	• Eau distillée • Folin-ciocalteurs • NaOH 0.6N,0.1N • Solution de DNPH à 0,0125% a été préparée par dissolution de 0.1625 g de 2,4-dinitrophenylhydrazine dans 1 L de HCl 2N . • Acide pyruvique standard • Carbonate de sodium 20% • D'acide gallique • éthanol • Acide sulfurique • Phénol 5%