



République Algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique



UNIVERSITE ABDELHAMID BEN BADIS-MOSTAGANEM FACULTE DES
SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de MASTER

Option : biotechnologie alimentaire

Présenté par :

M^{elle} : LARBI Fatima

THEME :

**Dosage des polyphénols et l'amidon dans les tubercules de la noix
de terre «*Bunium bulbocastanum* » : effet de région et la
technologie de transformation.**

Devant le jury

Président M. BEKADA Ahmed

Encadreur M. BENABDELMOUMENE Djilali

Examineur M. SACI ElHachemi

Co encadreur : BOUHALA Warda

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

*Ce mémoire n'aurait pas pu être ce qu'il est, sans l'aide de **ALLAH** qui m'a donné la force afin de l'accomplir et de m'avoir permis d'en arriver là.*

*Tout d'abord, je tiens particulièrement à remercier mon encadreur **Me BENABDELMOUMENE Djilali** pour m'avoir encadré et fait confiance, Ce travail n'aurait pas pu se faire sans son aide précieuse, ses compétences, Ses encouragements, C'est pourquoi je lui exprimé ma plus grande gratitude.*

Je la remercie d'avoir su me guider dans ce travail, d'avoir été présenté chaque fois que j'en avais besoin tout au long de la réalisation de ce travail.

*Je tiens à remercier sincèrement les membres du jury qui me font le grand honneur d'évaluer ce travail. **Me BEKADA Ahmed** et **Me SACI Elhachemi** : Merci pour avoir accepté de faire partie du jury de ce mémoire, pour l'intérêt que vous portez à mon travail et pour le temps consacré afin de l'évaluer. Je vous suis très reconnaissante et je vous adresse mes vifs remerciements.*

*Je tiens à remercier du plus profond de mon cœur mon **co encadreur M^{elle} BOUHALA Warda** Afin de l'aider et de me soutenir moralement et de me fournir de précieux conseils.*

Je vous remercie toute personne ayant participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail. Mes remerciements les plus chaleureux vont à tous mes camarades pour leurs encouragements et pour l'ambiance agréable tout au long de ce travail.

Enfin je remercie ma famille chère à mon cœur.

Dédicace

Je dédie tout particulièrement cette mémoire à l'être le plus cher à mon cœur ma mère symbole de sacrifice pour son soutien morale et assistance inestimable pendant toute mes longues années d'études et pour tout l'amour qu'elle m'a donnée pour tout ça Merci maman et que dieu te garde pour moi.

A la mémoire de mon Père, Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A mes frères : Mohamed, Mahmoud, Abd El Karim et Abd El Wahab.

A Ma chère grand-mère maternelle Zineb que Dieu nous la garde,

Je tien à remercier mon oncle Mohamed et sa famille.

Je ne saurais terminer sans citer mes fidèles amies : Fatima Zohra, Hanane, Halima, Khadidja, Nassira, Imane et Houria.

Enfin je le dédie à tous mes amis que je n'ai pas cités.

Remercîment	
Dédicaces	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction.....	01
Partie I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
Chapitre 01: Généralités sur la noix de terre	
1. Apiaceae.....	03
1.1.Aperçu de la famille des Apiaceae.....	03
1.2.Classification de la famille des Apiaceae.....	03
1.1.3. Caractéristiques morphologiques de la famille des Apiaceae.....	04
1.4. Utilisation.....	04
1.4.1. Intérêt économique.....	05
1.4.2. Utilisation en médecine traditionnelle.....	05
1.5. Caractéristiques chimiques des Apiaceae.....	06
2. Tubercules.....	07
2.1. Généralité.....	07
2.2. Classification des tubercules.....	07
2.2.1. Noix de terre <i>Bunium bulbocastanum</i>	07

2.2.1.1. Généralités.....	07
2.2.1.2. Taxonomie.....	08
2.2.3.1. Effets thérapeutique de la noix de terre.....	09
2.2. Manioc.....	09
2.2.3. Patate douce.....	10
2.2.4. Igname.....	10
2.2.5. Taro.....	11
3. Transformation des tubercules en farine.....	11
3.1. Généralité sur les farines.....	11
3.1.1. Composition chimique de la farine.....	11
a. Amidon.....	11
b. Matières minérales.....	11
c. Protéine.....	12
d. Lipides.....	12
e. Vitamines.....	12
3.1.2. Types de farines.....	12
3.2. Transformation en farine.....	13
3.2.2. Patate douce.....	13
3.2.3. Igname.....	13
3.2.4. Taro.....	14
3.2.4.1. Séchage.....	14
3.2.4.2. Broyage.....	16

Chapitre 02 : Composés phénoliques

1. Composés phénoliques.....	17
1.1. Généralités.....	17
1.2. Structures chimiques et classification.....	17
1.2.1. Acides phénoliques.....	18
Dérivés de l'acide hydroxybenzoïque.....	18
Dérivés de l'acide hydroxycinnamique.....	18
1.2.2. Flavonoïdes.....	19
1.2.3. Stilbénes.....	19
1.2.4. Lignanes.....	20
1.2.5. Tanins : polymères d'acides phénoliques.....	20
Tanins hydrolysables.....	21
Tanins condensés.....	21
1.2.6. Coumarines.....	21
1.3. Biosynthèse des composés phénoliques.....	21
1.4. Propriétés biologiques des polyphénols.....	22
1. 5. Rôle et intérêt des composés phénoliques.....	24
1.5.1. Chez les végétaux.....	24
1.5.2. Chez les humains.....	24
1.6. Prise alimentaire journalière en polyphénols.....	24
1.6.1. Consommation journalière en polyphénol.....	25
Chapitre 03 : Amidon	
1. Amidon.....	27
1.1. Généralité.....	27

1.2. Structure des constituants chimiques de l'amidon.....	27
1.2.1. Amylose.....	27
1.2.2. Amylopectine.....	27
1.2.3. Chaînes intermédiaires.....	28
1.2.4. Composants mineurs.....	28
1.3.5. Structure du grain d'amidon.....	29
2. Interaction à l'iode.....	30
3. Caractérisation rhéologique de l'amidon.....	31
4. Modifications chimiques de l'amidon.....	32
5. Types d'amidons et leurs utilisations.....	33
6. Amidon dans l'industrie.....	34
7. Fonctions de l'amidon.....	35
8. Amidon endommagé.....	37
8.1 Définition.....	37
8.2 Méthode de mesure de l'endommagement de l'amidon.....	37
Ampérométrie.....	37
8.3 Effet de l'amidon endommagé sur la qualité de la farine.....	39
Gélatinisation.....	39

II. PARTIE EXPERIMENTALE : Résumés

1. Propriétés anticancéreuses et antioxydantes des fruits de *Bunium bulbocastanum*

1.1. Résumé.....	41
1.2. Introduction.....	41
1.3. Matériels et Méthodes.....	42

Extraction.....	42
Fractionnement.....	42
Méthode à l'oxyde nitrique.....	42
Détermination de l'activité anticancéreuse - test MTT.....	43
1.4. Résultats.....	43
1.5. Discussion.....	45
1.6. Conclusion.....	46
2. Evaluation sensorielle du couscous de farine de manioc (<i>Manihotesculenta Crantz</i>) substituée par celle de patate douce (<i>Ipomoeabatatas, Lam</i>).	
2.1. Résumé.....	47
2.2. Introduction.....	47
2.3. Matériel et Méthodes.....	48
2.3.1. La préparation des tubercules.....	49
A) Préparation de la farine de patate.....	49
B) Préparation de la farine de manioc.....	50
2.3.2. Préparation du couscous.....	50
2.3.3. Evaluation sensorielle.....	51
2.4. Analyse statistiques.....	51
2.5. Résultats et discussion.....	51
2.6. Conclusion.....	53
3. Constituants chimiques des racines du <i>Bunium algérienincrassatum</i> et évaluation de son activité antimicrobienne	
3.1. Résumé.....	54
3.2. Introduction.....	54

Table des matières

3.3. Expérimental.....	55
3.3.2. Matériaux végétaux.....	55
Les tests d'activité antimicrobienne ont été effectués sur des échantillons bruts.....	56
3.4. Résultat et discussion.....	57
3.5. Conclusion.....	58

Conclusion

Références bibliographiques

Résumé

Ce travail a eu pour objectif d'évaluer le dosage des polyphénols et l'amidon dans les tubercules de la noix de terre *Bunium bulbocastanum* : effet de région et la technologie de transformation.

Comme peu d'étude ont été portées sur le tubercule de noix de terre, j'ai résumé des travaux intéressants liés au sujet étudié.

Depuis des années, les fruits du *Bunium bulbocastanum* sont employés comme épice culinaire, et étant donné que la propriété antioxydante joue un rôle important dans la prévention du stress oxydatif, qui s'est avéré être une cause majeure du cancer, l'étude portant sur les Propriétés anticancéreuses et antioxydantes des fruits de *Bunium bulbocastanum* étudie vise à évaluer l'effet antioxydant et cytotoxique in vitro des extraits de fruit de *Bunium bulbocastanum* dévoile que l'acétate d'éthyle et la fraction aqueuse du fruit de *B. bulbocastanum* ont une activité antioxydante et anticancéreuse remarquable. Cependant, les composants responsables de l'activité sont incertains; des recherches complémentaires sont nécessaires pour isoler les constituants purs et comprendre leur mécanisme.

Une autre étude dévoile que, le couscous obtenu à partir d'un mélange de farine de manioc et de celle de patate dans les proportions 80/20 se révèle indiquée pour la consommation sur le plan sensorielle. Cependant, une étude de ses propriétés physicochimiques est nécessaire afin de s'assurer de son potentiel nutritionnel élevé comparé au couscous du manioc.

la plante algérienne *Bunium incrassatum* a conduit à l'isolement et à la caractérisation de cinq suivie de l'évaluation de l'activité antimicrobienne pour la première fois. Ces résultats renforcent les études précédentes qui montrent que le genre *Bunium* est considéré comme une bonne source de coumarines. Nous voudrions noter ici que la scopoletine et la scoparone ont été isolées dès la première fois de ce genre.

MOTS-CLES: noix de terre *BuniumBulbocastanum*, polyphénols, amidon, antioxydant, antimicrobienne, farine de manioc, farine de patate douce

Abstract

The objective of this work was to evaluate the determination of polyphenols and starch in the tubers of the *Bunium bulbocastanum*: regional effect and processing technology.

As few studies have been carried out on the potato tuber, I have summarized some interesting work related to the subject studied.

The fruits of *Bunium bulbocastanum* have been used for years as a culinary spice, and since the antioxidant property plays an important role in the prevention of oxidative stress, which has been shown to be a major cause of cancer, the study on the anticancer and antioxidant properties of *Bunium bulbocastanum* fruit study aims to evaluate the antioxidant and cytotoxic effect in vitro of *Bunium bulbocastanum* fruit extracts reveals that ethyl acetate and the aqueous fraction of the fruit of *B. bulbocastanum* have remarkable antioxidant and anticancer activity. However, the components responsible for the activity are uncertain; further research is needed to isolate the pure constituents and understand their mechanism.

Another study shows that couscous made from a mixture of cassava flour and potato flour in the 80/20 ratio is suitable for sensory consumption. However, a study of its physicochemical properties is necessary to ensure its high nutritional potential compared to cassava couscous.

The Algerian plant *Bunium incrassatum* led to the isolation and characterization of five followed by the evaluation of antimicrobial activity for the first time. These results reinforce previous studies showing that the genus *Bunium* is considered a good source of coumarins. We would like to note here that scopoletin and scoparone were isolated for the first time from this genus.

KEYWORDS: *BuniumBulbocastanum*, polyphenols, starch, antioxidant, antimicrobial, cassava flour, sweet potato flour.

Figure 01 : Répartition géographique de la famille des Apiaceae du Global Biodiversity Information Facility.....	03
Figure 02 : Représentation de la plante de <i>Bunium bulbocastanum</i>	08
Figure 03 : Classification des polyphénols avec exemples pour chaque classe.....	18
Figure 04 : Structure de base des flavonoïdes.....	19
Figure 05 : Structure chimique du trans-resvératrol.....	20
Figure 06 : Structure d'une lignane.....	20
Figure 07 : Structure de base des tanins. a) tanins hydrolysables ; b) tanins condensés.....	21
Figure 08 : Voie de biosynthèse simplifiée des flavonoïdes.....	22
Figure 09: Motifs structuraux de base de l'amylose et de l'amylopectine, ainsi que l'étiquetage des atomes et des angles de torsion. Extension des motifs de base aux structures macromoléculaires.....	28
Figure 10 : Observation par microscopie électronique à balayage de la morphologie de grains d'amidon de différentes espèces. A. Amidon de pomme de terre. B. amidon de riz. C. Amidon de <i>chlamydomonas reinhardtii</i> . D. Amidon d' <i>Arabidopsis thaliana</i> . Barre : 2µm.....	30
Figure 11 : principe de l'interaction iode / polysaccharide. A. La molécule de diiode sa position au cœur d'une hélice formée par une chaîne de glucose. B. La structure du polysaccharide modifie la force de l'interaction diiode et influe ainsi sur la teinte affichée après coloration. Une échelle représentant les valeurs caractéristiques de λ_{max} des polysaccharides et des couleurs obtenues lors de l'interaction est présentée.....	31
Figure 12 : Schéma présentant les différents types d'amidons en fonction des traitements.....	34
Figure 13 : Liste exhaustive des différentes applications industrielles de l'amidon.....	35
Figure 14 : Le SDmatic.....	39

Figure 15 : schéma représenté les étapes de la préparation de la farine de la patate douce.....	50
Figure 16 : schéma représenté les étapes de la préparation de la farine de manioc.....	50

Liste des tableaux

Tableau 01 : Position taxonomique de la famille des Apiaceae.....	03
Tableau 02 : Quelques genres de la famille des Apiaceae en Algérie.....	04
Tableau03 : classification de noix de terre.....	09
Tableau 04 : Composition de la farine boulangère.....	12
Tableau 05 : Classification des farines française.....	13
Tableau 06 : Exemples de dérivés de l'acide benzoïque identifiés chez des plantes halophytes.....	18
Tableau 07 : Exemples de dérivés de l'acide hydroxycinnamique rencontrés chez des plantes halophytes.....	19
Tableau 08 : Activités biologiques de quelques composés phénoliques.....	23
Tableau 09 : Classes de polyphénols et consommation journalière.....	25
Tableau 10 : % d'activité antioxydante des fractions de fruits de <i>B. bulbocastanum</i> à des Concentrations de 0,5, 0,25 et 0,125 mg / ml.....	44
Tableau 11 : Effet cytotoxique (IC50) des fractions de fruits de <i>B. bulbocastanum</i> dans des lignées cellulaires humaines.....	44
Tableau 12 : Différente formulations de farine pour la préparation du couscous.....	51
Tableau 13 : Notes de l'évaluation sensorielle du couscous fait à base de farine mixte de manioc et de patate douce.....	52
Tableau 14 : Préférence des panélistes.....	52
Tableau 15 : Activité antimicrobienne de l'extrait brut (CH ₂ CL ₂ /MeOH : 1/1) à différentes concentration de souche.....	56
Tableau 16 : Activité antimicrobienne de l'extrait brut (CH ₂ CL ₂ /MeOH : 1/1) à différentes concentration sur les trois champignons.....	57

كان الهدف من هذا العمل هو تقييم جرعة البوليفينول والنشا في درنات البندق الأرضي:

تأثير المنطقة وتكنولوجيا المعالجة.

نظرًا لأنه تم إجراء القليل من الدراسات على درنة البندق، فقد لخصت بعض الأعمال المثيرة للاهتمام المتعلقة بالموضوع الذي تمت دراسته.

لعدة سنوات، تم استخدام ثمار بونيوم بولبوكاستانوم كتوابل للطهي ، وبما أن الخاصية المضادة للأكسدة تلعب دورًا مهمًا في الوقاية من الإجهاد التأكسدي، والذي ثبت أنه سبب رئيسي للسرطان، فقد ركزت الدراسة على تهدف دراسة الخصائص المضادة للسرطان ومضادات الأكسدة لثمار بونيوم بولبوكاستانوم إلى تقييم التأثير المضاد للأكسدة والتأثير السام للخلايا في المختبر لمستخلصات ثمار بونيوم بولبوكاستانوم التي تكشف أن أسيتات الإيثيل، والجزء المائي من ثمار البيلبوكاستانوم لهما نشاط مضاد للأكسدة ومضاد للسرطان. ومع ذلك، فإن المكونات المسؤولة عن النشاط غير مؤكدة؛ هناك حاجة إلى مزيد من البحث لعزل المكونات النقية وفهم أليتها.

كشفت دراسة أخرى، أن الكسكس الذي تم الحصول عليه من خليط دقيق الكسافا ودقيق البطاطس بنسب 20/80 مخصص للاستهلاك الحسي. ومع ذلك، هناك حاجة إلى دراسة خصائصه الفيزيائية والكيميائية من أجل ضمان إمكاناته الغذائية العالية مقارنة مع الكسكس الكسافا.

أدى نبات *Bunium incrassatum* الجزائري إلى عزل خمسة، وتوصيف تلاه تقييم النشاط المضاد للميكروبات، لأول مرة. تعزز هذه النتائج الدراسات السابقة التي أظهرت أن جنس بونيوم يعتبر مصدرًا جيدًا للكومارين. نود أن نلاحظ هنا أنه تم عزل سكوبوليتين وسكوبارون من المرة الأولى من هذا النوع.

الكلمات الرئيسية: بونيوم بولبوكاستانوم المكسرات الترابية ، البوليفينول ، النشا ، مضادات الأكسدة ، مضادات الميكروبات ، دقيق الكسافا ، دقيق البطاطا الحلوة.

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

°C : Degré Celsius.

μA : micro-ampère

μm : micromètre.

AC : Acide.

C : Carbone.

Co : Coenzyme.

G : gramme.

H : Heure.

J : Jour.

Kg : Kilogramme.

mat : Matière.

mg : milligramme.

min : minute.

nm : Nanomètre.

UCD : Unité Chopin Du Bois.

UV : Ultra-Violet.

Introduction

Introduction et objectif de l'étude

L'Algérie est l'un des pays riches en plantes médicinales qui doivent être exploitées pour leur utilisation dans différents domaines. Aujourd'hui, les plantes sont largement utilisées et surtout recommandées par les thérapeutes et les organismes de santé publique comme l'Organisation Mondiale de la Santé (**WHO**, 2002).

Bunium Incrassatum est une plante médicinale de la famille des ombellifères, est largement distribuée dans l'est de l'Algérie et appelée "Talghouda".

Bien que la "Telghouda" est méconnue de nos jours, elle reste une plante partiellement valorisée, sachant qu'elle est présente dans toutes les régions du Tell en Algérie, le nombre limité des études intéressantes sur son tubercule hors ses bienfaits et vertus en phytothérapie « traitement du dysfonctionnement thyroïdien », rend nécessaire et motivant ; de réaliser une étude approfondie sur ses caractéristiques.

Ce genre a été utilisé dans l'alimentation (Couscous) et la médecine dans le monde depuis longtemps. *Bunium incrassatum* est une plante médicinale d'importance économique croissante. Les racines de cette plante sont très nutritives. Il y a quelques préparations traditionnelles en cas où elle est utilisée comme un astringent et diarrhéique pour ses vertus. (**Bousetla et Zellagui**, 2011).

Des enquêtes sur la phytochimie du *B.bulbocastanum* indiquent la présence de saccharose, d'acide oléique, d'acide scopolétine, de scoparone et de solvant sitosterol (**Bousetla et al.**, 2015).

En outre, les composés phénoliques ou les polyphénols sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, largement distribués possédant plusieurs groupements phénoliques, avec ou sans d'autres fonctions et comportant au moins 8000 structures connues différentes. (**Athamena**, 2009).

Les composés phénoliques participent activement aux interactions de la plante avec son environnement en jouant soit le rôle des signaux de reconnaissance entre les plantes, entre les plantes et les symbioses, ou bien lui permettant de résister aux diverses agressions vis-à-vis des organismes pathogènes. Ils participent de manière très efficace à la tolérance des végétaux à des stress variés, donc ces composés jouent un rôle essentiel dans l'équilibre et l'adaptation de la plante au sein de son milieu naturel. (**Zaghad**, 2008).

Introduction

De plus, l'amidon est une substance de réserve synthétisée par les végétaux supérieurs (Smith, 2001). Il est abondant dans les céréales, les racines, les tubercules et les légumes (Bertolini, 2010) et représente la proportion la plus élevée de l'apport énergétique alimentaire dans le monde. Il est également important dans les industries du papier et du textile. Sur le plan biochimique, l'amidon est constitué principalement de deux composants, l'amylose et l'amylopectine (Fuentes *et al.*, 2019).

D'autre part Les travaux de (Hazarika *et al.*, 2016) ont permis de conclure que la fraction aqueuse de fruit de *Bunium bulbocastanum* a une activité antioxydante et anticancéreuse remarquable.

Selon l'étude de (Njoya *et al.*, 2016) le couscous obtenu à partir d'un mélange de farine de manioc et de celle de patate dans les proportions 80/20 se révèle indiqué pour la consommation sur le plan sensorielle.

L'étude de (Boustela *et al.*, 2011) sur la plante algérienne *Bunium incrassatum* a conduit à l'isolement et à la caractérisation de cinq suivie de l'évaluation de l'activité antimicrobienne pour la première fois. Ces résultats renforcent les études précédentes qui montrent que le genre *Bunium* est considéré comme une bonne source de coumarines. Nous voudrait noter ici que la scopoletine et la scoparone ont été isolées dès la première fois de ce genre.

Le travail présent concerne deux parties :

La première partie est divisée en trois chapitres :

- ✓ Le premier chapitre est consacré à l'étude de la plante de la noix de terre *Bunium bulbocastanum* en générale et leurs effets thérapeutique.
- ✓ Le second chapitre développe les composés phénoliques leurs : classification, utilisation et propriétés biologiques.
- ✓ Alors que dans le troisième chapitre renferme une connaissance sur l'amidon d'une manière générale.

La deuxième partie :

Cependant la partie expérimentale, je me concentrai sur la synthèse de trois articles liés au sujet étudié.

1. Apiaceae

1.1. Aperçu de la famille des Apiaceae

La famille des Apiaceae est également connue sous le nom d'Ombellifères, et comprend 434 genres environ et plus de 3700 espèces (**Encyclopædia Britannica**, 2017). Leur distribution est cosmopolite et commun dans les régions tempérées et relativement rare aux latitude (**Global Biodiversity Information Facility**, 2017a) (Figure 01).

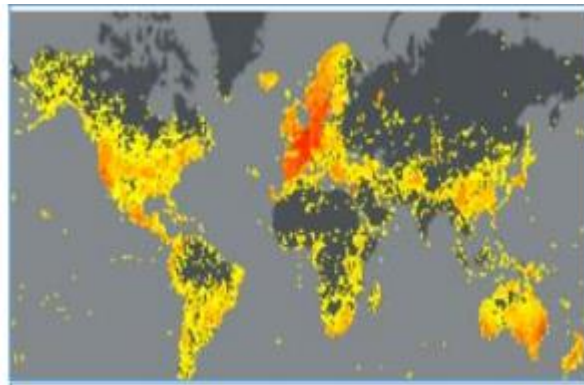


Figure 01 : Répartition géographique de la famille des Apiaceae du Global Biodiversity Information Facility (**Global Biodiversity Information Facility**, 2017a).

La famille des Apiaceae appartient à l'ordre des Apiales, classe Magnoliopsida ou Dicotyledoneae et à la Division Magnoliophyta ou Angiospermes, c'est-à-dire les plantes à fleurs (tableau 01).

Tableau 01 : Position taxonomique de la famille des Apiaceae (**Cronquist.**, 1981)

Classification	
Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Apiales
Famille	Apiacea

1.2. Classification de la famille des Apiaceae

On peut situer la famille des Apiaceae comme suit:

- Embranchement des spermatophytes (plantes à graine)
- Sous embranchement des angiospermes (plantes à ovaire).

- Eudicots (embryon à deux cotylédons)
- Eudicots évolués
- Classe des Astéridées
- Sous classe des Euastéridées (espèces herbacées à ovaire infère et regroupement des fleurs en inflorescence)
- Ordre des Apiales (Serge, 2012).

Dans la flore Algérienne on peut inventorier 55 genres incluant de nombreuses espèces: On cite quelques genres dans le tableau suivant:

Tableau 02: Quelques genres de la famille des Apiaceae en Algérie.(Lafahal, 2014).

Genre	Nombre d'espèce	Genre	Nombre d'espèce
Ammi	2	Conium	1
Ammiopsis	1	Ferula	5
Ammodaucus	1	Bunium	7
Anethum	1	Cunium	1
Apium	1	Thapsiia	3
Bifora	1	Heracleum	1
Margotia	1	Torilis	2

1.3. Caractéristiques morphologiques de la famille des Apiaceae

Certaines des espèces qui composent cette famille ont la tige, articulée en nœuds et les entrenœuds, portent des feuilles alternées et ont pour la plupart des feuilles composées. L'une des caractéristiques la plus remarquable de la famille est l'inflorescence en forme d'ombelle, simple ou composite (une ombelle avec plusieurs ombelles à chaque extrémité).

L'inflorescence peut également prendre la forme d'un brin en raccourcissant la tige de l'ombelle comme en *Eryngium lassauxii* Decne. Les fleurs sont pour la plupart actinomorphes, avec des nectars et en général, assez petit et blanc.

Le verticille du calice est réduit à 5 petites dents et dans certains cas, elle peut être totalement inaperçue. La corolle, dialectale, est composée de 5 pétales, dans certains cas bilobés et son fruit est un schizocarpe formé par deux méricarpes (Furnariet al., 2017).

1.4. Utilisation

1.4.1. Intérêt économique

Les Apiaceae renferment de nombreuses plantes alimentaires et aromatiques (**Spichiger et al.**, 2004): *Anethum graveolens* L. (l'aneth), *Apium graveolens* L. (le céleri), *Carum carvi* L. (le carvi), *Coriandrum sativum* (le coriandre), *Cuminum cyminum* (le cumin), *Daucus carota* (la carotte), *Foeniculum vulgare* (le fenouil), *Pastinaca sativa* L. (le panais), *Petroselinum crispum* (le persil) et *Pimpinella anisum* L. (l'anis).

D'autres Apiaceae sont utilisées comme additifs naturels dans l'industrie alimentaire, certaines espèces sont comestibles, telles que: *Daucus carota* (carotte), *Pastinaca sativa* (panais), *Foeniculum vulgare*, etc.

Certaines espèces sont utilisées comme condiments ou épices, comme *Carum carvi* (cumin), *Anethum graveolens* (aneth), *Pimpinella anisum* (anis) *Petroselinum sativum* (persil), *Foeniculum vulgare* var. (fenouil) et *Coriandrum sativum* (coriandre).

D'autres sont utilisées comme arômes pour les boissons, tel est le cas d'*Angelica archangelica* (angélique), *Laserpitium gallicum* et plusieurs espèces d'*Heracleum* (**Doneanu et Anitescu**, 1998, **Olle et Bender**, 2010).

Certains genres sont cependant très toxiques, comme *Conium* (la grande ciguë, dont on dit qu'elle a été utilisée pour le suicide de Socrate), et *Cicuta* (la ciguë vireuse).

1.4.2. Utilisation en médecine traditionnelle

- *Ammi majus*: le fruit est utilisé dans le traitement du psoriasis et pour pigmenter les taches blanches apparaissant sur l'épiderme dans le vitiligo. Son action photosensibilisatrice est due à la présence de nombreuses fur-coumarines dérivées du psoralène et dont l'une des plus connues est le bergaptène (**Sofowara**, 2010).
- *Ammi visnaga* : les graines sont une source de khelline et de visnagine, furochromones à activités spasmolytiques et vasodilatatrices de la circulation coronarienne, et de flavonoïdes, diurétiques et emménagogues. Les pédicelles sont vendus comme cure-dents au Maghreb. Elle est utilisée en Irak comme source de colorant rouge (**Sofowara**, 2010).
- *Anethum graveolens* (aneth) : propriétés analogues à celle de l'anis et du fenouil autrement dit antispasmodique digestif, eupeptique, carminatif et diurétique (**Boullard**, 2001).

- *Angelica archangelica* (angélique) : la racine contient une furocoumarine, l'angélicine qui possède une activité sédatrice. L'angélique doit à son essence ses propriétés stomachiques, eupeptiques et carminatives (Sofowara, 2010).
- *Apium graveolens* (ache des marais) : diurétique, carminative et tonique.
- *Cicutavivosa* (ciguë vireuse) : poison violent utilisé en homéopathie (épilepsie).
- *Conium maculatum* (grande ciguë) : antispasmodique et sédatrice à faible dose.
- *Eryngiummaritimum* (panicaut de mer) : diurétique et laxatif.
- *Eryngiumcampestre* (chardon roland) : racine diurétique.
- *Ferula tingitana* : contient la gomme ammoniacale, anciennement médicinale.
- *Heracleum sphondylium* (grande berce) : hypotenseur, stimulant, digestif.
- Oenanthe : toutes les espèces sont toxiques.

1.5. Caractéristiques chimiques des Apiaceae

La famille des Apiaceae se compose de plus de 3000 espèces et leur étude est très intéressante pour les types de produits chimiques qu'elles contiennent, qui doivent certainement trouver leurs applications dans la médecine populaire ou dans la médecine moderne. Certaines espèces ont été utilisées comme toniques, diurétiques, stimulants cardiovasculaires, etc. (Heywood, 1971 et Sintèspros, 1981).

De nombreuses espèces contiennent des furocoumarines, ces dernières ayant une action de stimulation de la pigmentation de la peau, et à cette fin, les graines d'Ammi visnagaon déjà été utilisées en Egypte ancienne. Les coumarines responsables de ce type d'action sont dérivées du psoralène et de l'angélicine (Evans et Schmidt, 1980).

D'autres espèces contiennent des sesquiterpènes lactones dont une α -méthylène- γ -lactone, responsable de l'activité anticancéreuse ou anti-tumorale et utilisée de manière efficace dans le traitement de certains types de cancer du larynx chez les animaux de laboratoire (Djarri, 2011).

Les métabolites secondaires qui caractérisent le plus les Apiaceae sont les huiles essentielles et les coumarines.

➤ Huiles essentielles

Les fruits d'environ 24 espèces de la tribu des Caucalideae (Apiaceae) ont été étudiés par (Williams et Harborne, 1972). Pour la composition de leurs huiles essentielles par chromatographie gazeuse. Les modèles obtenus sont particulièrement utiles pour la séparation de la tribu en genres. Le genre *Daucus* est de loin le plus riche taxon en huiles essentielles, il se

distingue par la présence de carotol et d'acétate de géranyle comme principaux constituants. La tendance globale est relativement similaire, bien que les sept espèces étudiées (*Daucus*) puissent facilement être séparées sur la base des variations qualitative et quantitative dans les composants de leurs huiles. Le carotol a également été trouvé dans *Torilis* et *Turgenia* mais seulement en quantités infimes. *Daucus* et *Pseudorlaya*, qui sont morphologiquement assez semblables, sont chimiquement liés, contenant quatre composés en commun, l' α et le β -pinène, le limonène et la myristicine. Le genre *Torilis* est caractérisé par la présence d'un sesquiterpène C₁₅H₂₂ non identifié. En outre, les cinq espèces de *Torilis* examinées peuvent être distinguées les unes des autres par la présence / absence de biphényle et de carotol. Les genres *Caucalis* et *Turgenia* ont aussi leurs huiles essentielles distinctives. Le genre *Artemisia* se caractérise par l'absence d'huile volatile dans les fruits.

2. Tubercules

2.1. Généralité

Selon la définition de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) (**Keita**, 2002), les racines et les tubercules sont des plantes produisant des racines féculentes, les tubercules, rhizomes, des cornes ou des tiges, mais il existe des tubercules qui stockent d'autres polysaccharides comme réserve d'énergie et qui ont pris de l'importance en tant que source de fibres pré-biotiques. Selon **Cereda** (2003), elles sont caractérisées par une forte teneur en humidité (68-82%) et de glucides (16-30%), et une faible teneur en protéines (0,10-2,0 %) et la teneur en matière grasse (0,1-0,9 %). Selon **Keita** (2002) sont classés en sept cultures primaires : pomme de terre, patate douce, manioc, coco, taro, igname et d'autres racines et tubercules (arracacha, marante, topinambour, etc.).

2.2. Classification des tubercules

2.2.1. Noix de terre *Bunium bulbocastanum*

2.2.1.1. Généralités

Le genre *Bunium* comprend environ 50 à 100 espèces dans le monde, qui sont fréquemment distribuées en: Algérie, Italie, Pakistan, Iran et Afrique du Sud. Dans la Flore algérienne, ce genre comprend sept espèces, quatre des qui sont endémiques (**Quezel**, 1963). Les plantes de ce genre sont distribuées en Asie, en Europe et dans le Nord Afrique (**Çelik&Bağci**, 2017).

Bunium bulbocastanum L. (Apiaceae) est un géophyte d'origine sous-méditerranéenne (**MEUSEL et al.** 1978). Graines, qui après la stratification à froid sur le terrain ne montre aucune dormance (**WILLEMS**, inédit. données), germent au début du printemps. Chaque graine donne naissance à un cotylédon lancéolé (monocotylédonie secondaire) qui produit un petit

tubercule sphérique pendant la première saison de croissance (cf. **HUBER** 1992). Le tubercule représente le seul organe pérenne de l'espèce. Il devient progressivement plus grand que la plante vieillit et elle peut atteindre un diamètre de 4-5 cm chez les individus âgés. Étant donné que la taille des tubercules est susceptible d'être corrélée positivement avec croissance végétative et reproduction chez les individus juvéniles (cf. **BOEKEN** 1989, 1990; **HUBER, observation pers.**). Les feuilles de rosette sont produites dans la seconde année et la floraison peut avoir lieu à partir de la troisième année, en fonction de la taille du tubercule.

En tant que géophyte printanier, *B. bulbocastanum* a une courte saison de croissance. Au début du printemps (c.-à-d., fin février dans le Pays-Bas) 4 à 15 feuilles de rosette émergent du tubercule et ils meurent à la fin du mai en juin (**HUBER** 1992). Verrouillage se produit généralement à la fin avril et les graines mûrissent en juillet, lorsque toutes les parties aériennes meurent. Les plantes individuelles peuvent fleurir plusieurs fois, mais des années intermittentes sans fleur et la production de semences est courante sur le terrain (**HUBER, observation personnelle**).

Dans le passé, *B. bulbocastanum* était relativement répandu dans l'Europe centrale (y compris les Pays-Bas) et s'est produite désherber dans les champs arables largement gérés. En raison de l'intensification pratique agricole l'espèce est devenue rare au cours de la dernière décennie. De nos jours, il est principalement limité aux prairies calcaires et aux zones de dunes qui servent d'habitats de refuge à *B. bulbocastanum* aux Pays-Bas.



Figure 02 : Représentation de la plante de *Bunium bulbocastanum* (**Bitam**, 2012).

2.2.1.2. Taxonomie

Selon (**Cronquist**, 1981), la position systématique de la noix de terre est :

Tableau03 : classification de noix de terre (Cronquist., 1981).

Classification	
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Rosidae
Ordre	Apiales
Famille	Apiacées
Espèce	<i>Bunium bulbocastanum</i>

2.2.1.3. Effets thérapeutique de la noix de terre

De nos jours, elle intéresse certains cueilleurs herboristes pour son usage thérapeutique « traitement du dysfonctionnement thyroïdien », les travaux de (**Hazarika et al.**, 2016) ont permis de conclure que la fraction aqueuse de fruit de *Bunium bulbocastanum* a une activité antioxydante et anticancéreuse remarquable.

Au Maroc, une herbe le mélange connu sous le nom de Msahan contient 13 plantes médicinales dont *B.bulbocastanum*, et est utilisé pour améliorer la santé générale et pour problèmes gynécologiques et musculo-squelettiques (**Teixidor-Toneu, Martin,Ouhammou, Puri, &Hawkins**, 2016). Elle présente des propriétés antioxydantes liée à sa propriété antidiabétique, est bien compris (**Ahmad et al.**, 2014).

Les graines de *Bunium bulbocastanum* sont également utilisées comme astringent (**Clapham et al.**, 1962), par ailleurs d'autres espèces : *B.persicum* est utilisé comme antispasmodique, anti-obésité et hypoglycémiant (**Lefah et al.**, 2017), l'espèce *B. paucifolium* sert à traiter l'inflammation urinaire (**Cakilcioglu et al.**, 2011).

2.2.2. Manioc

Le manioc est l'aliment de base d'environ 800 millions de personnes à travers le monde (**FAO**, 2000 ;**Lebot**, 2009). Il est consommé pour ses feuilles et ses racines (**Betiku et al.**,2011 ;**Gnonlonfin et al.**, 2011 ;**Famurewa et al.**,2013 ; **Koko et al.**,2014). D'après la FAO, le Cameroun a produit 4 287 177 tonnes de manioc (tubercules) en 2013 (**FAO**, 2015). Le manioc

est cultivé dans quatre des cinq zones agro-écologiques du Cameroun sur environ 205 000 ha et est l'une des cultures vivrières les plus importantes. Il constitue 80% des tubercules dans la zone de la forêt (**IRAD**, 2013). Chaque ménage camerounais consomme environ 75 kg.an-1 de produits dérivés des racines tubéreuses de manioc (**IRAD**, 2013). A Yaoundé, la consommation totale de manioc est de 63 kg. personne-1/an (**Dury**, 2001). Il est la première source d'hydrates de carbone dans toute la moitié sud du pays (**Tricoche et al.**,2008).Le manioc et ses produits occupent la première place avec 43% des parts de marché des racines et tubercules, 26% pour les produits transformés et 17% pour les racines fraîches(**PNDR**, 2003).

2.2.3. Patate douce

(*Ipomoeabatatas. Lam*) est une dicotylédone gamopétale appartenant à l'ordre des Polémoniacées et à la famille des Convolvulacées (**Cavalcante-Alves**, 1996). Parmi les 400 espèces que comporte ce genre, la patate douce est la plus importante sur le plan économique. Cette herbacée est une vigne rampante qui est vivace dans les zones tropicales, mais qui se comporte comme une annuelle dans les régions tempérées. Elle est originaire d'Amérique tropicale, d'où Christophe Colomb l'a rapportée en Espagne en 1492 (**Srisuwan et al.**, 2006). Les Portugais l'ont rapidement introduite dans leurs colonies d'Afrique. Les études taxonomiques et évolutives récentes, ainsi que les découvertes archéologiques des deux dernières décennies indiquent la domestication et la culture de cette espèce dans des centres de diversification.

2.2.4. Igname

L'igname est une plante tropicale lianescente appartenant au genre *Dioscorea*. Elle est représentée par 602 espèces dont seule une dizaine est cultivée à des fins alimentaires, en particuliers *D. alata*, *D. bulbifera*, *D. cayenensis*, *D. rotundata*, *D. dumetorum*, *D. esculenta*, *D. polystachia*, *D. schimperiana* et *D. trifida* (**Di Giusto et al.**, 2017). En effet, l'igname est une plante géophyte capable de produire des tubercules riches en amidon. Ces derniers sont généralement souterrains mais chez certaines espèces, les tubercules se développent à l'aisselle des feuilles. Bien qu'ubiquiste, la culture d'igname est particulièrement adaptée aux climats intertropicaux rencontrés en Afrique de l'Ouest, en Asie et dans la Caraïbe. L'igname d'eau, *Dioscoreaalata*, est l'espèce la plus cultivée aux Antilles tandis que l'igname de Guinée, *Discorearotundata*, domine largement en Afrique de l'Ouest.

2.2.5. Taro

Colocasia esculenta est une plante herbacée qui atteint une hauteur d'un à deux mètres et possède des feuilles larges, avec de longs pétioles sortant d'un verticille. Les feuilles sont longues de 20 à 50 cm, oblong-ovées avec des lobes basaux arrondis. Le tubercule a une forme cylindrique d'une longueur d'environ 30 cm et un diamètre d'environ 15 cm (**Manner & Taylor, 2010**). Les tubercules latéraux sont petits et peu nombreux. Il est reconnu dans le monde environ 1000 cultivars de taro qui diffèrent surtout par la coloration des feuilles, des pétioles, des tubercules ou de leur forme. On les classe généralement en deux groupes en fonction de leur forme : l'un diploïde appelé « dasheen » que l'on trouve majoritairement en Océanie et l'autre triploïde appelé « edoe » que l'on rencontre plutôt en Inde et Asie du Sud Est (**Nip, 1997**).

3. Transformation des tubercules en farine

3.1. Généralité sur les farines

3.1.1. Composition chimique de la farine

D'après **FEILLET (2000)**, La composition moyenne d'une farine est :

a. Amidon

Représente 65 à 70 % du poids total de la farine, c'est une forme de réserve des glucides chez les plantes. Il contient dans sa structure deux polymères : l'amylose et l'amylopectine. Ces molécules absorbent l'eau, et sous l'effet de la chaleur, elles forment un gel essentiel à la transformation de la farine.

b. Matières minérales

Représentant 0.45 à 0.60%, les teneurs en matières minérales sont peu importantes. La pureté de la farine se juge d'après sa teneur en résidu minéral. Les Matières minérales de la farine apparaissent après calcination, les résidus se retrouvent sous la forme de cendres. Comme les matières minérales existent en plus grande quantité dans les enveloppes du blé, on conclut que moins il y a de cendres, plus que la farine est pure.

c. protéines

Elles se retrouvent dans l'endosperme (73 %), le son (19 %) et le germe (8 %). Elles représentent en général 11 à 13.5 %. Elles sont classées selon leurs solubilités en :

- Protéines hydrosolubles, principalement les albumines et les globulines (15 à 20 % des protéines totales).

- Protéines insolubles (80 à 85 %) dans l'eau dont les gliadines (45 à 50 %) et les gluténines (55 à 60 %) qui forment le gluten.

d. Lipides

Les lipides de la farine de blé tendre sont constitués de 23 classes de lipides saponifiables séparés en 3 groupes (lipides neutres, glycolipides et phospholipides) dont les proportions varient selon leur localisation à l'intérieur ou à l'extérieur de l'amidon.

e. Vitamines

Le blé contient une quantité appréciable de vitamines que l'on retrouve surtout dans le son et le germe. On retrouve les vitamines du groupe B avec une teneur d'environ 4.6 mg /kg de grain et la riboflavine avec 1.3 mg/kg. La mouture détruit une partie d'entre eux. Les vitamines C et D sont absentes du grain ; par contre le blé est riche en vitamine E qui peut agir comme agent antioxydant.

Tableau 04 : Composition de la farine boulangère.(BOUDREAU et MENARD, 1992).

Eléments	Teneur dans la farine
Eau	14g/100g mat. Humide
Protéines	9-15g/100g mat.Sèche
Fibres	1,5-2g/100g mat.Sèche
Amidon	70-80g/100g mat.sèche
Lipides	1-2g/100g mat.sèche
Sels minéraux	0,5g/100g mat.sèche
Vitamines	0,0046g/100g mat.Sèche

3.1.2. Types de farines

La classification des farines (Tableau 05) est basée sur la teneur en cendres ou matières minérales. Du type 45 à 150, on passe de la farine la plus blanche (faible taux d'extraction en farine) à la plus "piquée", riche en enveloppes du grain (taux d'extraction en farine élevé). Cette différenciation est basée principalement sur la notion de pureté ou de blancheur, et ne correspond pas à une notion de valeur technologique même si le travail des pâtes est plus aisé avec des farines blanches qu'avec des farines bises et complètes (ROMAIN *et al.*, 2007).

Tableau 05 : Classification des farines française.(ROMAIN *et al.*, 2007).

Type de farine	Teneuren cendres ou matières minérales	Aspect des farines	Usages
45	Inférieur à 0.50		Usages ménager, farine de gruaux
55	0.50% à 0,60%	Blanches	pains, pâtisserie, viennoiserie
65	0,62% à 0,75%		Biscuiterie
80	0,75 à 0,90%	Bises	pain bis
110	1,00 à 1,20%		
150	supérieur à 1,4%	Complète	pains complets

3.2. Transformation en farine

3.2.2. Patate douce

Le type de transformation le plus courant en Afrique est la conversion en farine. Les tubercules de patates douces, pelés et coupés en petits morceaux, puis séchés et broyés, donnent une farine de couleur diverse suivant les variétés. La patate douce est quelquefois découpée en tranches et séchée au soleil, puis réduite en farine pour la fabrication de pain et de confiseries (Hall *et al.*, 1998). L'incorporation de cette farine aux pâtes alimentaires reste limitée en Afrique. L'utilisation de la farine de patate douce en pâtisserie donne des résultats acceptables, mais difficiles à mettre en œuvre et à diffuser en raison des habitudes alimentaires (Bell *et al.*, 2000). Au Congo-Brazzaville, des efforts sont entrepris dans ce domaine.

3.2.3. Igname

Les modes de préparation de la farine d'igname ont été décrits par de nombreux auteurs avec des variantes au niveau de la phase de cuisson ou de blanchiment préalable au séchage (Onwueme, 1978 ; Dela Rosa & Emiola, 1980 ; Bell, 1981 ; Trèche *et al.*, 1984 ; Adisa, 1985 ; Onayemi, 1986).

L'espèce *D. dumetorum* est considérée comme la plus intéressante pour la fabrication de la farine, en raison de sa teneur assez élevée en protéines et du fait que les tubercules ne subissent pas de coloration au cours du procédé de transformation (Attaie *et al.*, 1998). Toutefois, du fait du durcissement des tubercules de cette igname au cours du stockage, la fabrication de farine à

partir de ces tubercules n'est actuellement possible que si la durée de conservation des tubercules frais est assez courte et insuffisante pour altérer leurs caractéristiques organoleptiques (**Trèche**, 1989).

La farine d'igname est utilisée dans diverses préparations culinaires. Réhydratée, elle permet de reconstituer des pâtes élastiques distinctes du fofou, du foutou ou de l'igname pilée (**Dumont**, 1995 ; **Coursey & Ferber**, 1979).

Selon **Osswald** (1995), la farine d'igname peut être mélangée avec du lait en poudre et du sucre cristallisé pour préparer des bouillies lactées utilisées en alimentation infantile.

La farine d'igname sert aux Philippines à préparer des desserts instantanés tels que le halaya qui est un plat composé d'un mélange de farine d'igname, de lait condensé, de sucre, d'eau et de vanille, le tout étant cuit au four pendant 1 heure (**Rosario & Malit**, 1984).

Au Japon, le karukan est un gâteau mousseline à pâte aérée, préparé à partir d'une farine composée de riz et d'igname (**Tanque, Shimozono & Sakoda**, 1993).

Le dégalé est un gâteau à base d'igname très consommé au Togo. Il est préparé à partir d'une farine composée d'igname et de haricot blanc, mélangée à des condiments (**Picard**, 1987).

La substitution partielle (jusqu'à 20%) de la farine de blé par la farine d'igname a permis de produire des pains de qualité satisfaisante. Pour la confection des pâtisseries telles que les crêpes et les gâteaux, le pourcentage d'incorporation peut atteindre 50 à 100% (**Coursey & Ferber**, 1979).

3.2.4. Taro

La transformation du taro en farine, comme la plupart des tubercules, nécessite deux principales opérations qui sont le séchage et le broyage.

3.2.4.1. Séchage

Le séchage est une opération qui permet la réduction de la teneur en eau jusqu'à une humidité susceptible de permettre la conservation du produit sur une longue période. Les tubercules de taro sont périssables à cause de leur taux d'humidité élevée et des activités métaboliques importantes qui s'y déroulent après la récolte et doivent donc être vendus ou consommés frais dans un délai très court. A défaut d'être vendus ou consommés frais dans un délai très court, les tubercules se détériorent et deviennent impropres à la consommation. Le séchage permet

aux paysans d'allonger la durabilité des produits, de diminuer les pertes post-recoltes et d'ajouter de la valeur à leurs produits. Ces paysans utilisent le séchage solaire direct traditionnel.

➤ **Séchage solaire direct traditionnel**

Le séchage a été pratiqué depuis longtemps et c'est le séchage solaire direct qui a été adopté de par sa simplicité d'utilisation et sa gratuité. Cette méthode se pratique simplement en exposant directement les produits aux rayons solaires. Ainsi, le tubercule est étalé sur la terre, sur les rocs, les toits des maisons, à même le sol ou sur des nattes. Cependant, le séchage solaire direct traditionnel présente plusieurs inconvénients :

- La forte dépendance vis-à-vis des conditions climatiques : Sécher un produit en 17 saisons sèches donne de bons résultats. Mais dès l'arrivée de la saison des pluies, ou lors d'une dégradation momentanée des conditions climatiques, le séchage à l'air libre s'avère inopérant et les pertes sont importantes.

- La faible qualité nutritionnelle et microbiologique du produit séché, ainsi que ses caractéristiques organoleptiques parfois médiocres de goût, d'aspect, voire d'odeur. Les effets cumulés d'une exposition directe au soleil (perte en vitamines, brunissement), de l'activité enzymatique (destruction du produit) et du développement microbien (risque de présence d'éléments pathogènes) donnent des produits finaux indésirables (**Rozis**, 1985).

- L'importance du temps que nécessite cette pratique. Les personnes chargées du séchage consacrent une grande partie de leur temps à la préparation, à la manipulation, à la protection contre les nuisibles. - La mauvaise protection face aux nuisibles. Le séchage à l'air libre sans système de protection efficace expose le produit à toutes sortes d'attaques extérieures (prélèvement par les rongeurs, infestation par les insectes...), à des contaminations d'ordres diverses comme les ions métalliques qui pourraient dans certaines circonstances être responsables du brunissement non enzymatique par complexation avec les composés phénoliques (**Malmbergrand&Theander**, 1985).

➤ **Séchage solaire direct amélioré**

Plusieurs types de séchoirs solaires ont été mis au point dans le monde pour profiter de l'énergie solaire. Dans ces séchoirs, les produits disposés sur des claies sont mis dans une enceinte plus ou moins fermée pour les protéger des souillures et contaminations variées. Dans les types les

plus simples, les claies sont constituées d'un cadre en bois dont le bas est recouvert d'une toile type moustiquaire en matière synthétique. Les produits à sécher sont posés sur la toile et le tout est recouvert par une autre claie de même nature (**Ouaouichet et al.**, 2005). Ces dispositions empêchent tout contact du produit avec le milieu extérieur (insectes...). Les claies ainsi recouvertes sont déposées sur un support d'environ 1 mètre de haut et exposées directement au soleil. Quels que soient les progrès réalisés, cette méthode de séchage est loin de satisfaire les exigences du consommateur et aux critères de qualité requis sur les marchés. En effet, un séchage solaire direct traditionnel ou amélioré reste dépendant de la source d'énergie qui est le soleil. La nuit et en temps nuageux, le processus de déshydratation ralentit et peut même s'arrêter, allongeant la durée de séchage. De plus, les réhydratations multiples des produits influencent négativement leur qualité. Ceci a amené à concevoir des méthodes de séchage où l'air chaud est produit régulièrement et les paramètres de séchage maîtrisés. C'est le cas du séchage électrique (**Ouaouich et al.**, 2005).

3.2.4.2. Broyage

Après l'opération de séchage des tranches des tubercules, le broyage permet de réduire la taille des particules en vue d'obtenir des poudres. Le broyage implique des contraintes quant à la dimension de la taille des particules. Cette taille est contrôlée en utilisant des tamis de différentes mailles. Le type de moulin utilisé a un impact majeur sur la qualité et le rendement des farines produites (**Ward et al.**, 1995). La farine de cossette ou «télibo-lifin» au Bénin est obtenue par concassage puis mouture des cossettes d'igname séchées. Les concasseurs mécaniques utilisés au Bénin sont des broyeurs à marteaux mobiles de fabrication artisanale et donnant des morceaux de la taille maximum d'un grain de maïs. Des essais concluants de concassage dans des broyeurs industriels, identiques à ceux classiquement utilisés pour la mouture des céréales, mais équipés de tamis à très grandes mailles ont été réalisés au Nord-Cameroun. Les cossettes issues de ce concassage sont ensuite réduites en farine à l'aide d'un moulin à meules ou d'un broyeur à marteaux équipé d'un tamis fin (**Hounhouigan et Akisoe**, 1997). Les farines de taro précuit ont également été reportées au Nigeria. Dans ce cas, les cossettes ou « achicha » sont pilées dans un mortier pour obtenir des morceaux de faible taille. Ces morceaux sont par la suite réduits en farine à l'aide d'un broyeur à marteau doté d'un tamis fin (**Nip et al.**, 1997).

1. Composés phénoliques

1.1. Généralités

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires qui constituent un des groupes le plus représenté et largement distribué dans le monde végétal avec plus de 8000 structures phénoliques. L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupement hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction: éther, ester, hétéroside (**Bruneton, 2015 ;Šaponjacet al., 2016**).

1.2. Structures chimiques et classification

La structure chimique est identique à tous les polyphénols : un ou plusieurs noyaux aromatiques hydroxylés. Les polyphénols sont classés en différents groupes en fonction du nombre de noyaux aromatiques qui les composent et des éléments qui les relient. On distingue les phénols simples (parmi eux les acides phénoliques), les flavonoïdes, les lignanes et les stilbènes(**Boros,2010**).En plus de cette diversité, les phénols sont présents naturellement sous forme conjuguée : avec des sucres, des acides organiques, entre eux. Les polyphénols sont réparti en plusieurs classes (figures 03).

- Les phénols simples (C6): un seul noyau phénol comme pour les acides phénoliques (C6–C1).
- Les flavonoïdes (C6-C3–C6): 2 noyaux aromatiques reliés par un hétérocycle oxygéné.
- Les tanins hydrolysable et non-hydrolysable.
- Les stilbènes (C6–C2–C6).
- Les lignanes, les lignines et les coumestanes : 2 unités de phénylpropane.
- Autres phytoestrogènes.
- Les saponines (triterpenoïdes).
- Les phytostérols et les phytostanols (**Paraskevi, Moutsatsou, 2007**). Bien qu'ils ne soient pas des polyphénols, on ajoute ordinairement à cette liste les isothiocyanates, qui dérivent de l'hydrolyse des glucosinolates (**Dacosta, 2003**).

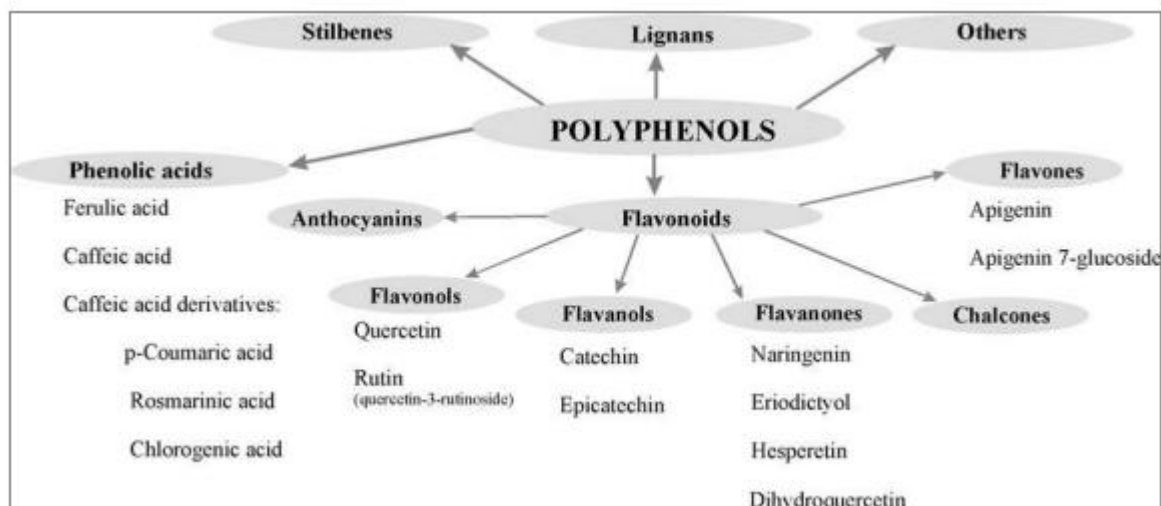


Figure 03 : Classification des polyphénols avec exemples pour chaque classe. (Borset *et al.*, 2010).

1.2.1 Acides phénoliques

Un acide-phénol (ou acide phénolique) est un composé organique possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique (Ignat *et al.*, 2011). Ils sont représentés par deux sous-classes, les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques.

- **Dérivés de l'acide hydroxybenzoïque**

Ils dérivent de l'acide benzoïque et ont une structure de base de type C6-C1 (Ignat *et al.*, 2011). Ces acides hydroxybenzoïques sont très communs, aussi bien sous forme libre que sous forme d'esters ou d'hétérosides (Bruneton, 2015). (Tableau 06).

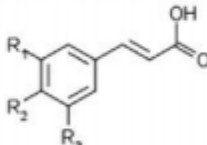
Tableau 06 : Exemples de dérivés de l'acide benzoïque identifiés chez des plantes halophytes (Ksouri *et al.*, 2012).

Squelette	Composé	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
	Acide vanillique	H	OCH ₃	OH	H
	Acide gallique	H	OH	OH	OH

- **Dérivés de l'acide hydroxycinnamique**

Ils ont une structure de base de type C6-C3 (**Ignat et al.**, 2011). Les fonctions phénols (OH) de ces dérivés peuvent aussi être méthylés (-O-CH₃) (Tableau 07).

Tableau 07 : Exemples de dérivés de l'acide hydroxycinnamique rencontrés chez des plantes halophytes (**Ksouri et al.**, 2012).

Squelette de base	Composé	R ₁	R ₂	R ₃
	Acide <i>p</i> -coumarique	H	OH	H
	Acide férulique	OCH ₃	OH	H
	Acide caféique	OH	OH	H

1.2.2 Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont les composés les plus abondants parmi tous les composés phénoliques. Ce sont des pigments quasiment universels des végétaux. Ils interviennent aussi dans les processus de défense contre le rayonnement UV, les herbivores et les attaques microbiennes (**Bruneton**, 2015).

Le terme flavonoïde regroupe une très large gamme de composés naturels polyphénoliques. On dénombre près de 6500 flavonoïdes répartis en 12 classes (**Stöckigt et al.**, 2002) et leur nombre ne cesse d'accroître. Par définition, les flavonoïdes sont des composés qui ont en commun la structure en C6-C3-C6 du diphenylpropane (Figure 04), les trois carbones servant de jonction entre les deux noyaux benzéniques notés A et B forment généralement un hétérocycle oxygéné C (**De Rijke et al.**, 2006).

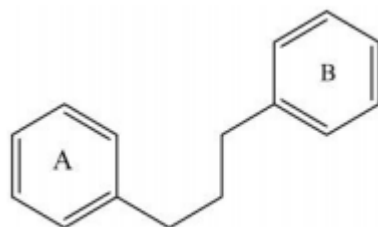


Figure 04 : Structure de base des flavonoïdes (**De Rijke et al.**, 2006).

1.2.3 Stilbènes

Leur structure chimique de base est composée de deux cycles aromatiques reliés par un pont éthylène (C6-C2-C6) (Yu *et al.*, 2014). Le resvératrol est la molécule la plus abondante de cette famille que l'on retrouve principalement dans la peau du raisin rouge. Le resvératrol existe sous deux formes : cis et trans (figure 05) (Oroian et Escriche, 2015).

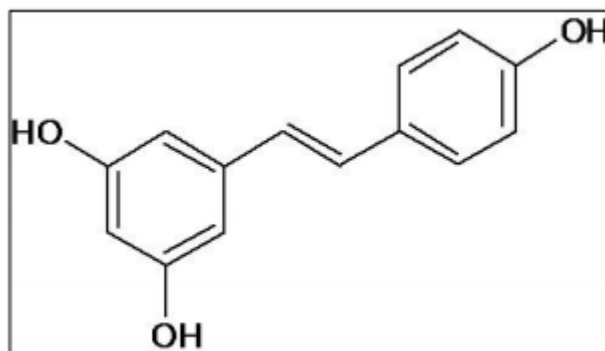


Figure 05 : Structure chimique du trans-resvératrol.

1.2.4 Lignanes

Ils sont formés par la dimérisation oxydative de deux unités cinnamiques (figure 6) (Yu *et al.*, 2014 et Oroian et Escriche, 2015). On les retrouve principalement dans les graines de plantes telles le lin ou le sésame, ou encore la fraise, mais à de faibles quantités (Rochester, 2013).

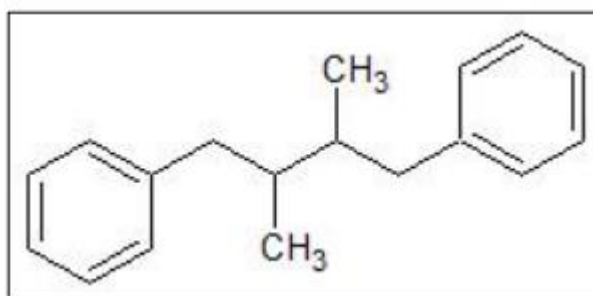


Figure 06 : Structure d'un lignane (Yu *et al.*, 2014, Oroian et Escriche, 2015).

1.2.5 Tanins : polymères d'acides phénoliques

Les tanins sont des composés phénoliques complexes, de masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 Da, capable de se lier aux protéines en solution et de les précipiter. Il existe deux grands groupes qui diffèrent à la fois par leur réactivité chimique et par leur composition : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (figure 07) (Bruneton, 2009; Legrand, 2015; MEDJDOUB, 2013).

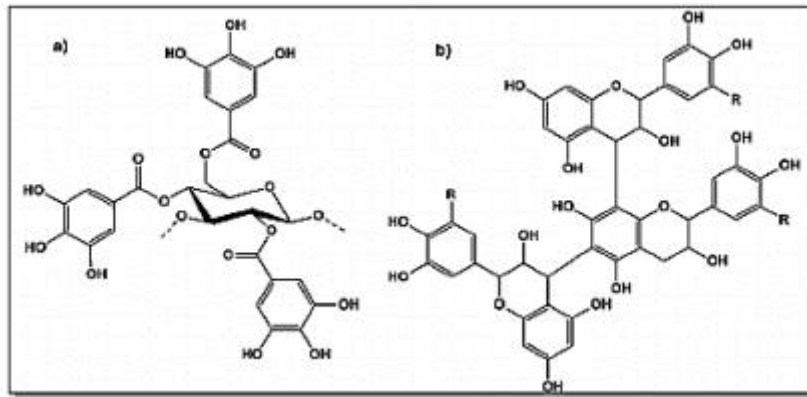


Figure 07 : Structure de base des tanins. **a)** tanins hydrolysables ; **b)** tanins condensés (Lochab, Shukla, &Varma, 2014).

- **Tanins hydrolysables (ou acides tanniques) :**

Ces tanins sont constitués de polymères de sucres (en général du D-glucose) et d'un nombre variable d'acides phénols. Lorsque leur précurseur est l'acide gallique : on parle de gallotanins alors que l'on parle d'ellagitanins lorsque leur précurseur est l'acide ellagique. Ils peuvent être dégradés par hydrolyse chimique ou enzymatique pour libérer une partie glucosidique, et une partie phénolique qui peut être soit l'acide gallique soit un dimère de ce même acide, l'acide egallique (MEDJDOUB, 2013).

- **Tanins condensés (tanins catéchiques ou proanthocyanidols) :**

Tanins vrais ou tannoides, ils ne possèdent pas de sucre et ont une structure voisine des flavonoïdes. Ce sont des polymères flavaniques constitués d'unités de flavan-3-ols (catéchines) ou flavane-3-4-diols (leucoanthocyanidines) liées entre elles par des liaisons C-C. Ils sont à ce titre difficilement hydrolysables (Bruneton, 2009; Legrand, 2015).

1.2.6 Coumarines

Ils sont des dérivés de C6-C3, sont des benzo-pyranes dérivées des acides hydroxycinnamiques par la cyclisation et la fermeture de l'anneau entre les groupements hydroxylique et carboxyliques. Ce groupe de composés phénoliques peut être trouvé libre ou sous la forme combinée avec des sucres comme les hétérosides et les glycosides dans beaucoup des familles dicotylédones, y compris les Apiaceae (Vincenzo, 2013).

1.3. Biosynthèse des composés phénoliques

Les composés phénoliques des végétaux sont issus de deux grandes voies de biosynthèse:

- La voie des phénylpropanoïdes (C6-C3) ou de l'acide shikimique qui conduit à la synthèse de certains acides aminés aromatiques comme la L-phénylalanine et/ou la L-tyrosine, puis par désamination de ces derniers, aux acides cinnamiques et à leurs dérivés comme les coumarines.
- La voie des flavonoïdes, combinant la voie des phénylpropanoïdes et celle de l'acide acétique conduisant aux polyacétates. Les acides benzoïques, composés en C6-C1, sont issus de la dégradation oxydante des acides cinnamiques ou p-hydroxy-cinnamiques ce qui conduit à la formation d'acides hydroxybenzoïques. L'élaboration du squelette flavonoïde en C6-C3- C6 est effectuée par la chalconesynthase. Pour que cette enzyme soit fonctionnelle, il faut que l'acide p-coumarique soit activé sous la forme d'acide p-coumarique-Coenzyme A par une CoA-ligase non spécifique. Le précurseur ainsi activé pourra réagir avec trois molécules de malonyl-CoA. Par la suite, la cyclisation du triacétate s'effectue selon la réaction de Claisen et conduit à la formation d'une chalcone, la 4,2',4',6'-tetrahydroxychalcone (**Bruneton, 2015**). Une cyclisation conduira à l'obtention du noyau flavone, intermédiaire de la synthèse des flavonoïdes, des tanins condensés et des anthocyanes (**figure 08**).

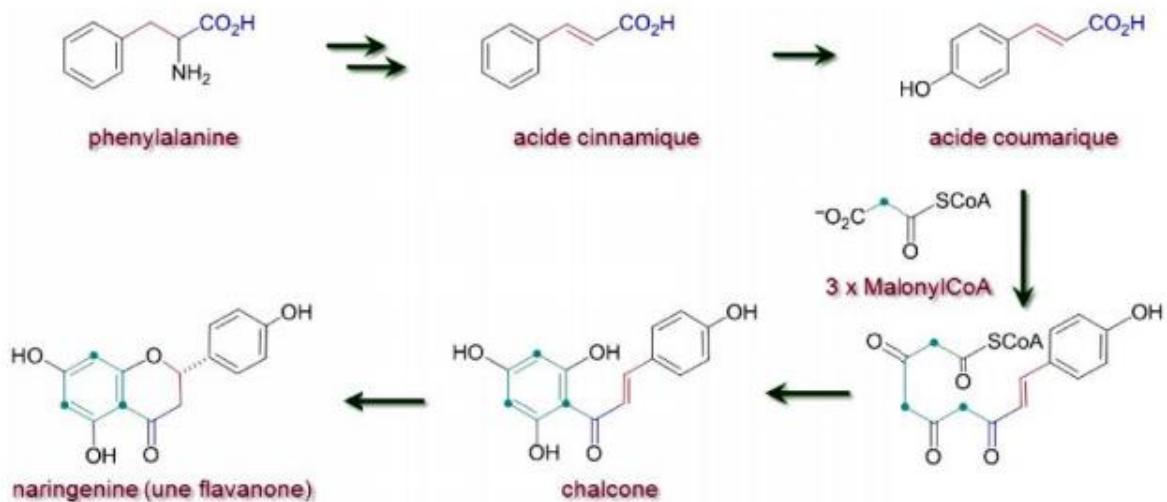


Figure 08 : Voie de biosynthèse simplifiée des flavonoïdes (**Bruneton, 2015**).

1.4. Propriétés biologiques des polyphénols :

Les composés phénoliques ont fait l'objet de nombreuses études et ont montrés des propriétés antioxydantes, vasodilatatrices, anticarcinogènes, anti-inflammatoires et antidiabétiques. Les

polyphénols peuvent aussi être des immunostimulants, antiallergiques, antiviraux, avoir des effets œstrogènes et inhibiteurs de la phospholipase A2, la cyclooxygénase, la lipoxygénases, la glutathion réductase et des enzymes xanthine oxydase (**Leopoldini** *et al.*, 2011).

Les flavonoïdes sont connus pour être très actifs et possèdent des propriétés anticancéreuses, antiulcéreux, antipaludique, antidiabétiques, neuroprotecteurs, anti-inflammatoires ou sur le système cardiovasculaire (**Singh, Kaur, & Silakari**, 2014).

Un des avantages de l'utilisation des plantes médicinales est leur capacité à agir de manière synergique afin de traiter une même pathologie. En effet, la synergie des biomolécules a été étudiée et reconnue à différents niveaux dans un mélange complexe (**Benavente-Garcia, Castillo, Lorente, Ortuno, & Del Rio**, 2000). Une étude réalisée par Amoros, Simos, Girre, Sauvager, and Cormier (1992) a permis de mettre en évidence l'interaction synergique entre deux ou plus de molécules. De manière intéressante, l'activité antivirale (HSV-1) a été amplifiée par une action combinée de deux molécules agissant selon deux mécanismes d'action différents.

Tableau 08 : Activités biologiques de quelques composés phénoliques (**Bruneton** 1999 ; **Hennebelle**, 2006).

Composés phénoliques		Activité biologique
Ac. Phénols	Ac. cafeique Ac. Salicylique	Antibactérienne Antifongique, antioxydante
Tanins	Tanin gallique Proanthocyanidine	Effet stabilisant sur le collagène, antioxydant, antidiarrhéique, effet antiseptique, effet vasoconstricteur
Flavonoïdes	Lutéoline Catéchine Hespéridine Quercétine Naringénine	Antitumorale, anticarcinogène, anti-inflammatoire, antioxydante, antiallergique, antiulcéreuse, antivirale, antimicrobienne, hypotenseur diurétique.

Coumarines	Dicoumarol	Anticoagulant, antioxydant, protectrice vasculaire et antioedémateuse
------------	------------	---

1. 5. Rôle et intérêt des composés phénoliques

1.5.1. Chez les végétaux

Les composés phénoliques peuvent intervenir dans certains aspects de la physiologie de la plante (lignification, régulation de la croissance, interactions moléculaires avec certains microorganismes symbiotiques ou parasites...), dans les interactions des plantes avec leur environnement biologique et physique (relations avec les bactéries, les champignons, les insectes, résistance aux UV); soit directement dans la nature soit lors de la conservation après récolte de certains végétaux; dans les critères de qualité (couleur, astringence, amertume, qualités nutritionnelles...) qui orientent les choix de l'homme dans sa consommation des organes végétaux (fruits, légumes, tubercules...) et des produits qui en dérivent par la transformation; dans les variations de certaines caractéristiques des végétaux lors des traitements technologiques (préparation des jus de fruits, des boissons fermentées...) pendant lesquels apparaissent fréquemment des brunissements enzymatiques qui modifient la qualité du produit fini (**Fleuriet *et al.*, 2005**).

1.5.2. Chez les humains

Le rôle des composés phénoliques est largement montré dans la protection contre certaines maladies en raison de leur interaction possible avec de nombreuses enzymes et de leurs propriétés antioxydantes (**Fleuriet *et al.*, 2005**). Spécifiquement, on attribue aux flavonoïdes des propriétés variées: veinotonique, antitumorale, anti-radicalaire, anti-inflammatoire, analgésique, antiallergique, antispasmodique, antibactérienne, hépatoprotectrice, estrogénique et/ ou anti-estrogénique. Ils sont également connus pour moduler l'activité de plusieurs enzymes ou de récepteurs cellulaires. Les flavonoïdes favorisent la relaxation vasculaire et empêchent l'agglutinement des plaquettes sanguines. Par conséquent, ils réduisent la coagulation du sang et le rendent plus fluide. Ils limitent l'oxydation des lipides sanguins et contribuent à la lutte contre les plaques d'athérome. Ils sont aussi anxiolytiques et protèges nos artères contre l'athérosclérose et réduit la thrombose (caillots dans les artères).

1.6. Prise alimentaire journalière en polyphénols

1.6.1. Consommation journalière en polyphénol

La consommation journalière de polyphénols est estimée à environ 1 g par jour (**Chun et al.**, 2007; **Taguchi et al.**, 2015). Ces composés participent aux qualités sensorielles et nutritionnelles des végétaux consommés (astringence, amertume, couleur, odeur...).

En France, la consommation journalière en composés phénoliques est estimée à 1,2 g/jour et par personne (0,8 g en équivalent aglycone) (**Perez-Jimenez et al.**, 2011). Les fruits et les légumes les plus riches en polyphénols comme la fraise, le litchi, le raisin, les artichauts, le persil et le chou de Bruxelles et ne sont pas nécessairement les plus consommés. La très grande majorité des polyphénols est apportée par la consommation de café, de thé, de pomme, de vin, de cacao et de pomme de terre. Les pommes et les pommes de terre fournissent la moitié de la quantité quotidienne en polyphénols consommés (**Bratet et al.**, 2006). Les acides hydroxycinnamiques sont les composés phénoliques les plus consommés en France (599 mg/j) et le plus important est l'acide chlorogénique (216 mg/j). La seconde classe la plus consommée sont les flavanols (326 mg/j) dont 227 mg/j de PCs. Ensuite, dans l'ordre décroissant de consommation sont retrouvés les anthocyanes (57 mg/j), les flavonols (51 mg/j) et les flavones, flavanones et acides hydroxybenzoïques (30 à 41 mg/j par classe) (**Tableau 09**).

Tableau 09 : Classes de polyphénols et consommation journalière (**Pérez-Jiménez et al.**, 2011).

Classe de polyphénols	Quantité ingérée en mg/jour	Sources alimentaires
Acides hydroxycinnamiques	599 ± 426	Café, pomme, pomme de terre
Procyanidines	227 ± 162	pomme, cacao, vin blanc
Catéchines	99 ± 116	Thé, vin rouge, pomme, cacao
Anthocyanes	57 ± 47	Vin rouge, baies, fraise, raisin noir
Flavonols	51 ± 28	Thé, oignon, vin rouge, épinard
Acides hydroxybenzoïques	41 ± 39	Thé, vin rouge, noix
Flavones	33 ± 17	farine de blé, orange
Flavanones	26 ± 29	Orange, jus d'orange, jus de pomme, vin rouge

Théaflavines	12 ± 21	Thé
Dihydrochalcones	7 ± 9	Pomme, vin rouge, blanc, rosé
Autres polyphénols	41 ± 20	Café, farine de blé et produits dérivés

1. Amidon

1.1. Généralité

L'amidon est une substance de réserve synthétisée par les végétaux supérieurs (**Smith, 2001**). Il est abondant dans les céréales, les racines, les tubercules et les légumes (**Bertolini, 2010**) et représente la proportion la plus élevée de l'apport énergétique alimentaire dans le monde. Il est également important dans les industries du papier et du textile. Sur le plan biochimique, l'amidon est constitué principalement de deux composants, l'amylose et l'amylopectine (**Fuentes et al., 2019**). L'amylose, polymère linéaire constitué d'unités D-glucose liées entre elles par des liaisons de type α (1 \rightarrow 4) dont le taux compris entre 20 et 30 % varie d'une espèce végétale à l'autre. L'amylopectine est un polysaccharide ramifié. Il est constitué par des chaînes formées d'unités D-glucose reliées par des liaisons de type α (1 \rightarrow 4) ; ces chaînes sont unies entre elles par des liaisons de type α (1 \rightarrow 6) donnant ainsi à l'amylopectine qui représente 70 à 80 % de la masse pondérale de l'amidon une structure arborescente (**Durrani et Donald, 1995 ; Smith, 2001 ; Singh et Kaur 2004 ; Tester et al., 2004 ; Pérez et Bertoff, 2010**). Un troisième composant, appelé matériau intermédiaire possédant une structure intermédiaire entre l'amylose et l'amylopectine est aussi retrouvé dans l'amidon (**Seguchi et Kanenaga, 1997 ; Blaszezak et al., 2003**). La taille et la forme des granules d'amidon dépendent de l'origine botanique de la plante, du stade de maturité du matériel biologique qui le contient (**Lindeboom et al., 2004 ; Dhital et al., 2011 ; Libra et al., 2012**). Ces caractéristiques des granules d'amidon confèrent aux tubercules leurs propriétés fonctionnelles, justifiant de ce fait leurs utilisations artisanale et industrielle. Par rapport à autres cultures vivrières l'amidon demeure une denrée périssable.

1.2. Structure des constituants chimiques de l'amidon

1.2.1. Amylose

L'amylose est une macromolécule linéaire, très peu ramifiée, constituée d'unités α -D-Glucose, liées par des liaisons de type α -(1-4). L'amylose native présente des degrés de polymérisation entre 500 et 6000 qui varient selon l'origine botanique de la molécule (**Buléon et al (1990)**). Dans sa bibliographie, (**Maldonado Alvarado P.D., 2014**) relève les caractéristiques de l'amylose de différents types d'amidon, et en particulier celles de l'amidon de pomme de terre et de l'amidon de manioc (figure 09).

1.2.2. Amylopectine

C'est l'un des plus grands polymères d'unités glucosyle présents dans la nature avec un poids moléculaire compris entre 10^7 et 10^8 Da. L'amylopectine constitue la fraction majoritaire de l'amidon, puisqu'elle représente 70 à 80% de son poids sec. Elle est principalement constituée d'une chaîne linéaire de résidus D-glucopyranosyle liés en α -(1,4), et 5 à 6% de ramification en α -(1,6). L'ensemble confère à l'amylopectine une structure arborescente. Ainsi, au sein de l'amidon, les points de branchement sont concentrés dans certaines régions, appelées lamelles amorphes. Les chaînes linéaires, elles, s'organisent en double hélices au sein de lamelles cristallines (**Parada**, 2012). La structure en grappe de l'amidon est donc constituée d'une lamelle cristalline et une lamelle amorphe. Elle mesure 9 nm quelle que soit l'espèce végétale considérée.

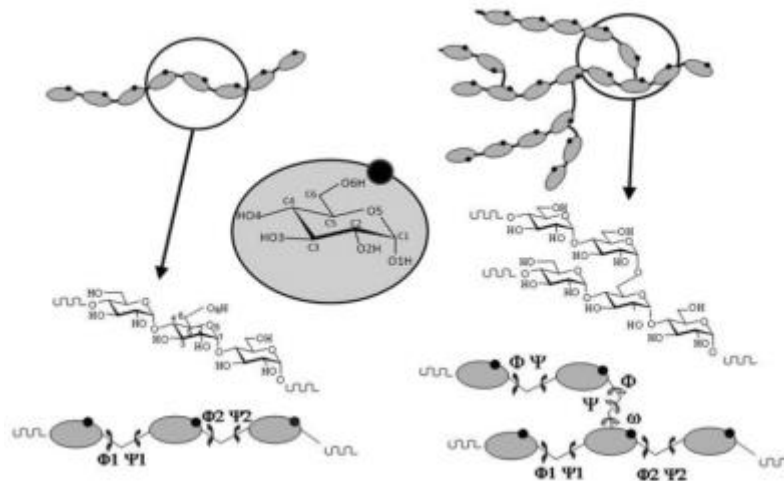


Figure 09: Motifs structuraux de base de l'amylose et de l'amylopectine, ainsi que l'étiquetage des atomes et des angles de torsion. Extension des motifs de base aux structures macromoléculaires (**Pérez & Bertoft**, 2010).

1.2.3. Chaînes intermédiaires

Dans certains types d'amidon, surtout riches en amylose, se retrouvent des chaînes de structure intermédiaire entre les molécules d'amylose et les molécules d'amylopectine. Elles correspondent à des formes imparfaites d'amylopectine. Dans l'amidon de blé, par exemple, ces molécules représentent environ 5 à 7%. (**Alhaik**, 2017).

1.2.4. Composants mineurs

A côté de l'amylose et l'amylopectine qui représentent la plupart de la masse d'amidon, il y a des composants mineurs comme les protéines, les lipides et les minéraux se trouvant tant à

l'intérieur des granules qu'à la surface. Leurs concentrations, dans un amidon donné, varient en fonction de l'origine botanique et de la méthode d'extraction. (Alhaik, 2017).

1.3. Structure du grain d'amidon

La structure, l'organisation, la taille et la morphologie (sphérique, polyédrique...) du grain d'amidon sont complexes et sont fonction de l'origine botanique. C'est un moyen simple d'identification de l'origine botanique de l'amidon. La taille des grains varie de 1 μm à 100 μm et ceux-ci sont insolubles dans l'eau à température ambiante. Ils ont tous une caractéristique commune : observés en lumière polarisée, les grains d'amidon présentent une croix noire dite « croix de Malte » dont les branches se rejoignent au niveau du hile, le centre initial de croissance du grain d'amidon, indiquant l'existence d'une structure semi-cristalline. À l'état natif, le grain d'amidon résulte de l'agencement de stries avec une alternance de structure amorphe et de structure semi-cristalline. Les stries sont disposées de manière concentrique à partir du hile. Par observation des grains d'amidon en microscopie à contraste interférentiel, cette organisation apparaît plus marquée pour l'amidon de pomme de terre que pour l'amidon de maïs natif et l'amidon de maïs cireux (Li, Guiltinan *et al.*, 2006). Le hile est la région la moins organisée du grain d'amidon (Bulón, Pontoire *et al.*, 1997; Baker, Miles *et al.*, 2001). Les stries concentriques sont communément appelées anneaux de croissance et sont d'une épaisseur de 100 à 400 nm (Vamadevan and Bertoft, 2015). L'organisation des anneaux décroissance amorphes est peu connue mais il semble être admis qu'une grande proportion d'amylose les constitue (Vamadevan and Bertoft, 2015). Les anneaux de croissance de structure semi-cristalline sont composés d'un empilement de lamelles cristallines et amorphes. La somme des tailles d'une lamelle amorphe et d'une lamelle cristalline varie de 9 à 10 nm (Vamadevan and Bertoft, 2015). La structure des anneaux de croissance semi-cristalline serait principalement constituée des chaînes d'amylopectine. En effet, la succession des lamelles amorphes et cristallines peut être mise en relation avec la structure de l'amylopectine (Bulón, Colonna *et al.*, 1998). Les chaînes courtes « S » occupent les lamelles cristallines tandis que les points de branchements de l'amylopectine occupent les lamelles amorphes. Les lamelles cristallines ont une épaisseur approximative comprise entre 4,1 nm et 6,4 nm (Vamadevan and Bertoft, 2015). Le rôle structural précis joué par l'amylose n'est pas clair. Selon Atkin, Cheng *et al.* (1999), l'amylose se situerait principalement au niveau des anneaux de croissance amorphes et l'amylopectine au niveau des anneaux de croissance cristallins, ceci en raison de l'incompatibilité thermodynamique entre les deux polymères. Néanmoins d'autres études suggèrent qu'une faible quantité d'amylose est présente avec l'amylopectine dans les lamelles

cristallines (Jenkins and Donald, 1995; Gallant, Bouchet *et al.*, 1997; Buléon, Colonna *et al.*, 1998).

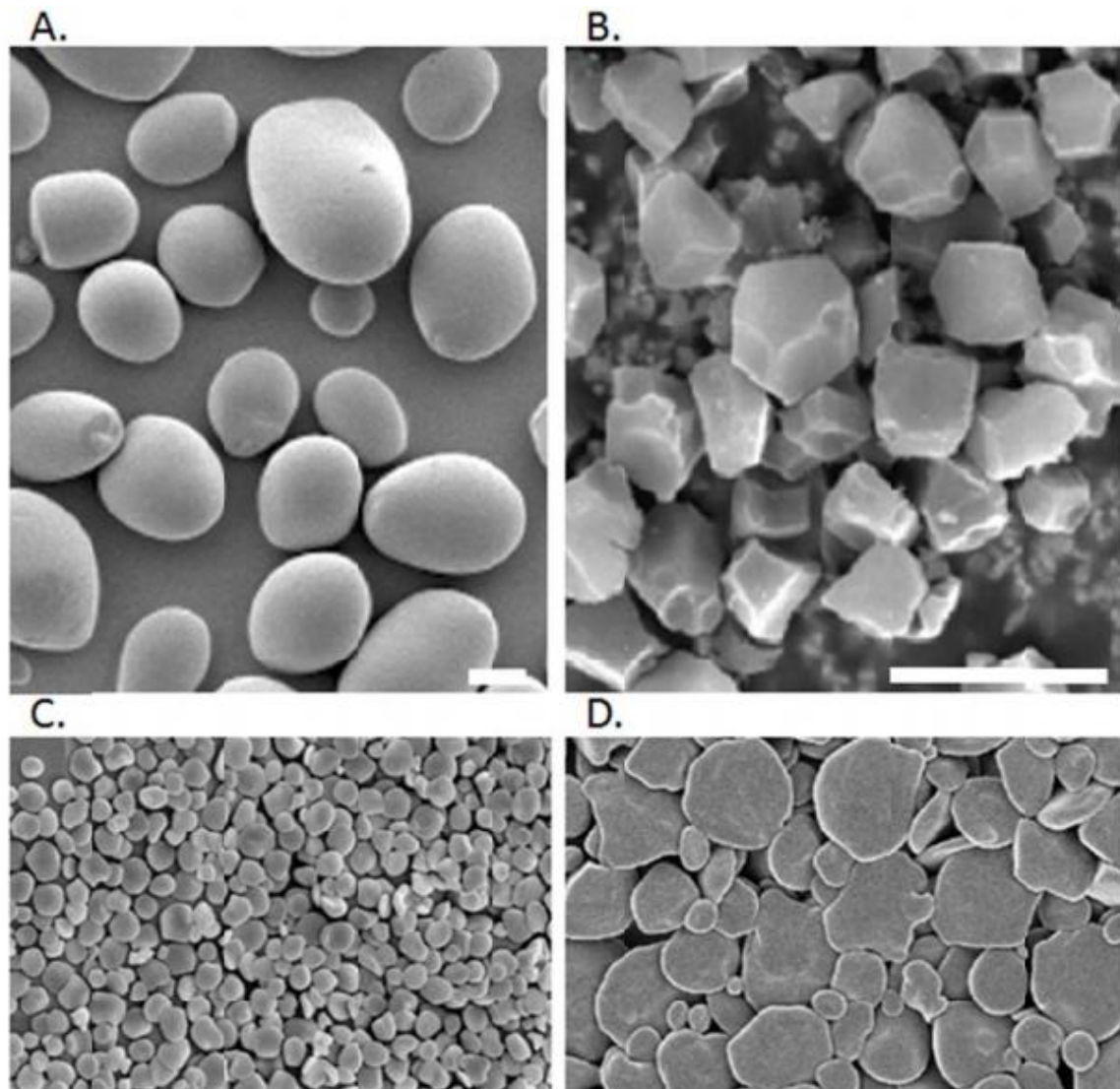


Figure 10 : Observation par microscopie électronique à balayage de la morphologie de grains d'amidon de différentes espèces. **A.** Amidon de pomme de terre. **B.** amidon de riz. **C.** Amidon de *chlamydomonas reinhardtii*. **D.** Amidon d'*Arabidopsisthaliana*. Barre : 2 μ m. **D'**après Strebet Zeeman, 2012.

2. Interaction à l'iode

Un moyen très simple de révéler la présence d'amidon consiste à le soumettre à de l'iode qui présente la capacité d'interagir avec les chaînes de glucoses liés en α -1,4. Cette interaction a pour la première fois été décrite par Banks *et al.* En 1971 sur de l'amylose. Les molécules de diiode viennent se placer au centre d'hélices simples formées par des chaînes de glucoses

longues d'au moins 12 résidus (**figure 11 A**). L'interaction sera de plus en plus forte avec l'augmentation du degré de polymérisation du polysaccharide mais sera affaiblie une augmentation du taux de branchement. Ces deux paramètres déterminent la longueur d'onde au maximum d'absorption (λ_{\max}) du complexe iode/polysaccharide et donc sa couleur. Un amidon de structure différente présentera donc une variation de cette couleur. De même, le glycogène ne se colorera pas de la même manière que l'amidon, du fait de ses différences structurales (**figure 11B**). (Findinier, 2015).

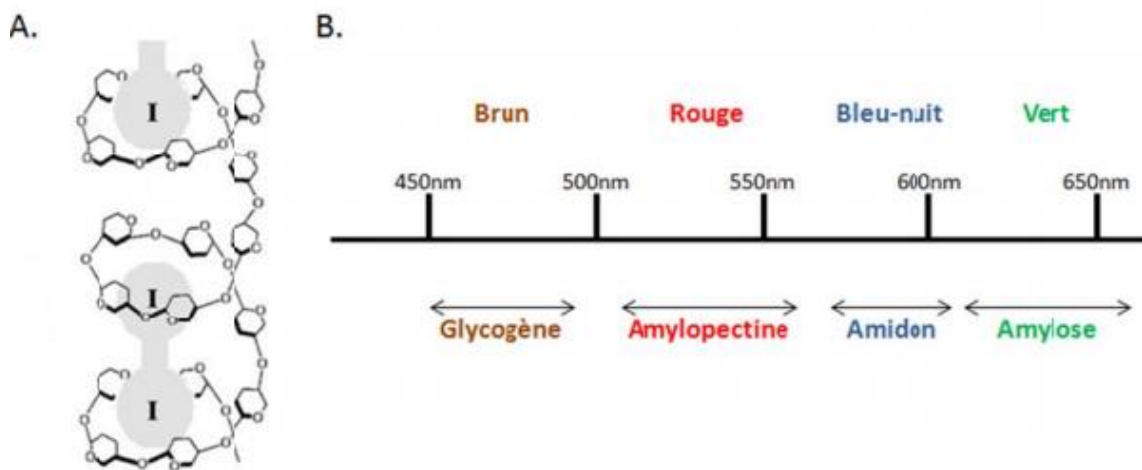


Figure 11 : principe de l'interaction iode / polysaccharide. **A.** La molécule de diiode se positionne au cœur d'une hélice formée par une chaîne de glucose. **B.** La structure du polysaccharide modifie la force de l'interaction diiode et influence ainsi sur la teinte affichée après coloration. Une échelle représentant les valeurs caractéristiques de λ_{\max} des polysaccharides et des couleurs obtenues lors de l'interaction est présentée. (Findinier, 2015).

3. Caractérisation rhéologique de l'amidon

La caractérisation rhéologique des empois et gels d'amidon se fait sur les mêmes bases qu'il s'agisse d'amidons natifs ou modifiés. La détermination des propriétés rhéologiques d'une suspension d'amidon non gélatinisée est difficile à cause de la sédimentation des granules au cours de la mesure et aussi de la faible viscosité. Les mesures des propriétés rhéologiques après empesage de l'amidon, permettent l'obtention d'un système, assez complexe, composé de grains d'amidon gonflés dans un milieu continu formé, éventuellement de macromolécules solubilisées (Dublier, 2001). Les propriétés rhéologiques reflètent l'état de la structure du produit. On peut considérer un empois d'amidon concentré comme un système de micro-gel

(Kertz *et al.*, 1988) dont les comportements par écoulement et viscoélasticimétrie sont influencés par l'état physique des grains (Okechukwue **Rao**, 1995; **Evans et Lips**, 1992). Le comportement rhéologique des empois d'amidon est affecté par la taille, la forme et la distribution de taille des grains gélatinisés, ainsi que les interactions entre les grains, la viscosité de la phase continue, et la vitesse et le temps de déformation (**Morikawa et Nishinara**, 2002; **Launet et al.**, 1991; **Boersma et al.**, 1991, 1990; **Barnes**, 1989). Le comportement rhéologique des empois d'amidon est connu pour être le résultat de deux caractéristiques principales : la viscosité de la phase continue et la fraction volumique de la phase dispersée (**Doublier et al.**, 1987). Les mesures rhéologiques des empois et des gels après gonflement peuvent être réalisées soit en régime permanent pour établir les courbes d'écoulement, soit en régime harmonique pour permettre une observation non destructive, en raison des faibles amplitudes de déformation utilisées (**Doublier**, 1989).

4. Modifications chimiques de l'amidon

L'amidon possède 3 fonctions hydroxyle substituables par unité glucose, une primaire (en C-6) et deux secondaires (en C-2 et C-3). Ces fonctions hydroxyle constituent des sites actifs pour la modification chimique de l'amidon.

Parmi toutes les modifications que l'on peut trouver, quatre grands types de modifications se distinguent dans la littérature :

- ✚ L'oxydation de l'amidon afin de réduire le degré de polymérisation et donc de réduire sa viscosité (**Lawal et al.**, 2005 et **Halal et al.**, 2015). Ce type de modification n'a pas d'effet sur sa sensibilité à l'eau, il détériore les propriétés mécaniques mais augmente sa solubilité.
- ✚ La réticulation par l'introduction de liaisons intra- et inter- moléculaires, notamment à l'aide de groupements phosphates ou adipates. Le but est d'augmenter la densité de réseau, la résistance à la température, à l'acidité et au cisaillement (**Ačkar**, 2010).
- ✚ La substitution des fonctions alcool par des groupements chimiques hydrophobes dans le but de stabiliser et de diminuer l'hygroscopicité de l'amidon, mais également pour limiter le phénomène de rétrogradation. Pour cela plusieurs fonctions chimiques tels que les esters, les phosphates ou les éthers sont utilisées (**Aburto et al.**, 1997 et **Pal et al.**, 2002).
- ✚ Le greffage de polymères ou de copolymères sur les fonctions alcool (PLA, silane-fluoroacrylate, acide polyacrylique, copolymère PLA-polyvinyle-alcool...) dans le but

d'obtenir des propriétés particulières selon le polymère greffé (**Chen et al.**, 2005 et **Qu et He**, 2013).

5. Types d'amidons et leurs utilisations

Après extraction, la suspension d'amidon peut être séchée, précuite ou soumise à des traitements chimiques, ce qui aboutit à différents types d'amidons (**figure 12**). Ces amidons ont des utilisations multiples. Leur choix prend en compte la compatibilité avec le milieu, les traitements thermiques et mécaniques, les propriétés recherchées, mais aussi la législation en vigueur (**Doublier**, 2001). C'est ainsi que les amidons réticulés sont utilisés dans les sauces épaisses telles que le ketchup. Le niveau d'épaississement souhaité est obtenu en jouant sur le degré de réticulation en fonction du pH, des contraintes de process (traitement thermique et cisaillement). Dans le cas des sauces émulsionnées, l'octénylesuccinate d'amidon est utilisé pour ses propriétés hydrophiles et hydrophobes. Les amidons natifs (fécula de pommes) sont utilisés en charcuterie, les amidons réticulés aussi pour améliorer la texture, la rétention d'eau et la stabilité du produit fini. L'amidon pré-gélatinisé est utilisé dans les produits tels que les snacks extrudés pour favoriser l'expansion, la conservation de la forme et la croustillance. L'amidon pré-gélatinisé sert aussi dans les préparations instantanées. L'amidon fluidifié pour sa part est plus sollicité en confiserie pour assurer la texture de la gomme et sa stabilité (**Chene**, 2004).

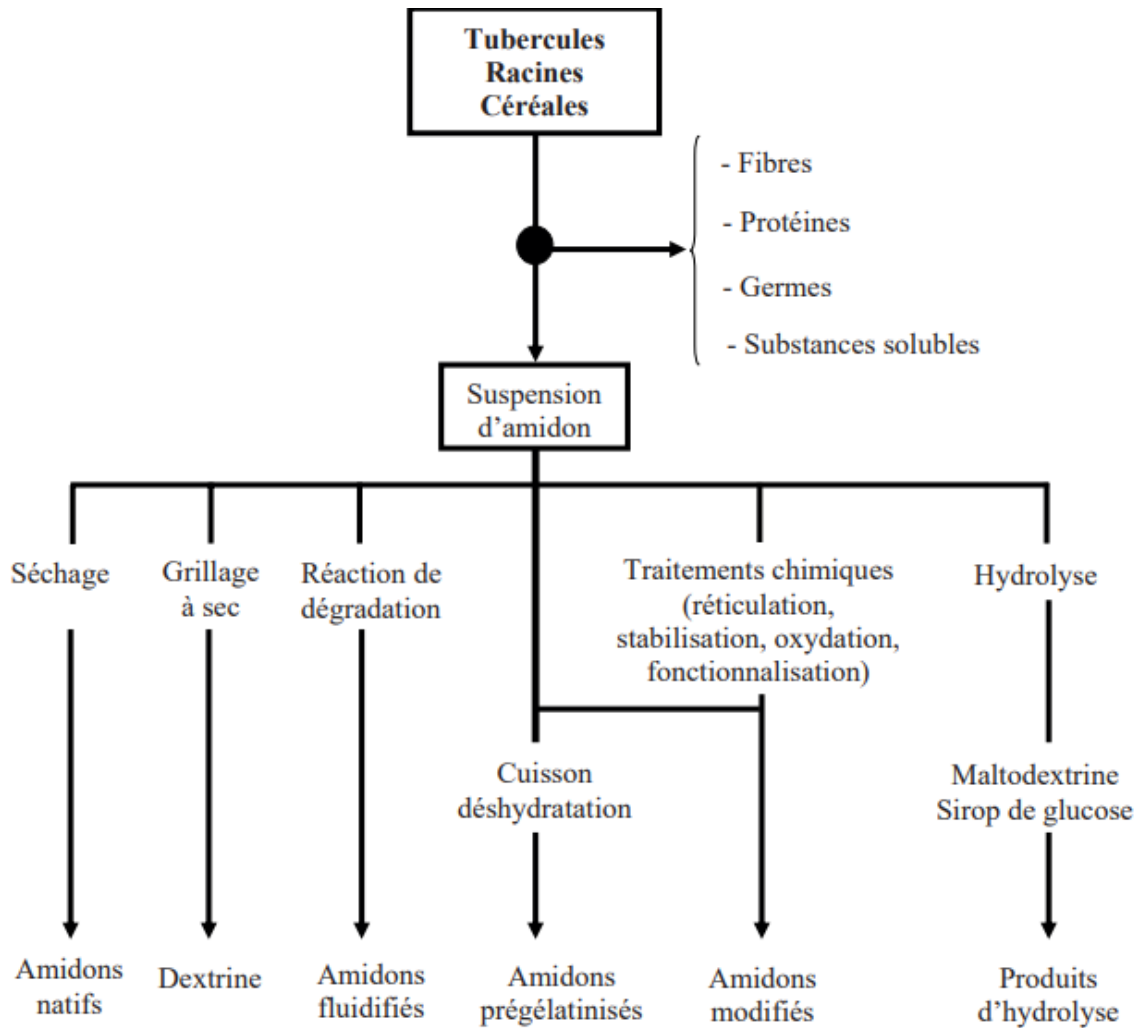


Figure 12 : Schéma présentant les différents types d'amidons en fonction des traitements (Doublier, 2001).

6. Amidon dans l'industrie

L'amidon est la première ressource calorique de l'alimentation animale et humaine. Il peut bien sûr, être consommé directement depuis le végétal dont il est issu (pomme de terre, maïs, blé, riz...) mais il peut aussi entrer dans la composition d'un plat préparé. L'industrie alimentaire peut ainsi utiliser l'amidon sous sa forme native, comme ingrédient naturel, pour l'élaboration de boissons, de desserts, de confiseries, ou encore de pâtisseries ; autant de produits pour lesquels l'amidon est apprécié pour ses propriétés de liant, épaississant, stabilisant, texturant, ou gélifiant. Les amidons peuvent aussi être modifiés physiquement (pré-gélatinisés, dextrinisés) ou chimiquement (réticulés, dérivatisés) dans le but d'améliorer leurs performances. Certains de ces amidons modifiés servent alors d'additifs alimentaires (ils seront identifiés par

un code SIN commençant par E14). mais le plus souvent l'amidon est simplement hydrolysé pour obtenir des édulcorants (sirop de glucose, maltodextrine).

L'amidon est donc omniprésent dans notre alimentation ,mais l'intérêt de l'industrie pour ce polysaccharide ne se restreint pas à l'activité alimentaire (**figure.13**).en effet , l'amidon est utile à de nombreux autres secteurs industriels comme la papeterie (couchage et glaçage de papier),la construction(conception de mortier , adhésif de contre –plaqué),textile(apprêt de tissus ,impression), la cosmétique (effet matifiant de la peau ,absorption de sébum),la pharmaceutique (enrobage ,capsulage).il entre également dans la composition des boues de forage des plateformes pétrolières , des têtes d'allumettes ou de certains procédés de décapage.(**Laurent, 2018**).



Figure 13 : Liste exhaustive des différentes applications industrielles de l'amidon. (**Laurent, 2018**).

7. Fonctions de l'amidon

Qualité et propriétés nutritionnelles des aliments à base d'amidon sont en grande partie déterminés par les changements que subit l'amidon pendant le traitement / la cuisson et le stockage ultérieur. Celles-ci les changements, qui déterminent les propriétés fonctionnelles de l'amidon, impliquent l'absorption d'eau, le gonflement des granules, la formation d'une

viscoélastique pâte pendant le chauffage, suivie de la réassociation de l'amidon dispersé chaînes lors du refroidissement et de la formation d'un gel. Fonctionnalité amidon est important pour contrôler l'humidité, la viscosité, la texture, la consistance, la sensation en bouche et la durée de conservation des produits finis (**Wang et Copeland 2013**). Lorsqu'ils sont chauffés dans l'eau, les granules d'amidon s'hydratent, gonflent, et se transforment en pâte. La structure granulaire s'effondre en raison de la fusion des cristallites, du déroulement des doubles hélices, de la rupture des liaisons hydrogène. Ces modifications sont désignées collectivement sous forme de gélatinisation de l'amidon et s'accompagnent de la perte de la biréfringence caractéristique des granulés intacts. Il y a eu de nombreux recherche sur la définition et la mesure de la gélatinisation de l'amidon, y compris caractérisant les changements de phase pendant la gélatinisation de l'amidon, et l'effet de la gélatinisation sur la digestibilité de l'amidon (tel que revu par **Wanget Copeland 2013**). Lors du refroidissement, les chaînes d'amidon désagrégées rétrograde progressivement en structures partiellement ordonnées qui diffèrent de ceux en granulés natifs. En raison de ses souvent préjudiciables effets sur la qualité des produits riches en amidon, beaucoup d'attention a axé sur la réduction ou le retard de la rétrogradation (**Karim et al.2000; Fu et autres 2015**). Une propriété fonctionnelle de l'amidon qui est d'une grande importance pour la nutrition et la santé humaines sont sa sensibilité à la digestion enzymatique. Amidon qui est digéré rapidement par le digestif humain les enzymes dans l'intestin supérieur provoquent une libération rapide de glucose dans la circulation sanguine, déclenchant des réponses physiologiques qui avec le temps sont associé à des risques accrus de diabète, de maladies cardiovasculaires et le cancer (**Brand-Miller 2003**). Cependant, l'amidon qui est digéré lentement et l'amidon qui passe largement non digérer dans le côlon (amidon résistant) sont associés à des avantages pour la santé grâce à un meilleur contrôle de la glycémie et aux effets prébiotiques de la promotion de la croissance de la microflore du côlon bénéfique (**Zhang et Hamaker, 2009; Lee et autres 2013**).La production d'amidons aux propriétés de digestion lente est un objectif important pour l'industrie alimentaire. La plupart de l'amidon consommé par les humains a été transformé ou cuit, à l'exception de quelques aliments riches en amidon communs qui sont consommés crus, comme les bananes. La sensibilité de l'amidon traité à la digestion enzymatique est principalement déterminée par l'ampleur de la rupture de la structure de l'amidon qui s'est produite pendant la gélatinisation et les agrégats qui se forment pendant la rétrogradation ultérieure. Plus la structure de l'amidon est perturbée lors de la gélatinisation, plus grande est la sensibilité de l'amidon à la digestion enzymatique (**Wang et Copeland 2013**).

8. Amidon endommagé

8.1. Définition

L'endommagement de l'amidon, défini comme tout changement dans la structure granulaire qui entraîne une moindre résistance à l'action des amylases, peut être évaluée à l'aide de nombreuses méthodes expérimentales, qui peuvent être utilisées dans la pratique afin de contrôler l'intensité du procédé de fabrication et la qualité du produit final. L'endommagement de l'amidon est fonction de la nature et de l'intensité des procédés intervenant dans la préparation des aliments. Il dépend également, mais dans une moindre mesure, de la structure histologique des grains et des graines. Ainsi, traité dans les mêmes conditions, le blé dur est moins résistant à la dégradation mécanique que le blé tendre (**Finney et al.**, 1988).

8.2. Méthode de mesure de l'endommagement de l'amidon

❖ Ampérométrie

La méthode ampérométrique a été décrite par **MEDCALF et GILLES en 1965** et se base sur les travaux de **COTON (1955)**. Son principe utilise la détermination ampérométrique de la cinétique d'absorption d'iode par une suspension diluée de farine. En d'autres termes, il s'agit de créer des ions I_3^- en solution. Ces ions vont générer un courant électrique (mesuré en μA) en relation directe avec leur concentration dans la solution. L'iode est adsorbée (puis absorbée) par l'amidon, d'autant plus lorsque l'amidon est endommagé. La méthode consiste donc à former une quantité connue d'ions I_3^- et de les laisser en contact avec la farine pendant une durée constante (en général 10 min). Le courant en μA est mesuré en fin d'essai : plus il est faible, plus les ions I_3^- ont été fixés ; signe que l'endommagement de l'amidon de la farine est important.

- Description d'une nouvelle méthode ampérométrique

Forts de plus de 10 ans d'expérience dans la mesure de l'endommagement de l'amidon par ampérométrie, les techniciens de CHOPIN SAS ont décidé de repenser le matériel existant afin de le rendre encore plus simple et plus précis. Les travaux ont été entrepris avec l'aide de chercheurs du Cnam (MM. NICOLAS et POTUS de La Chaire de biochimie industrielle et agroalimentaire, MM. DERUELLE et CATONNÉ de la Chaire d'électrochimie. Qu'ils soient ici vivement remerciés). Les objectifs étaient les suivants :

- Simplifier l'appareil (le Rapid F.L.) et rendre son utilisation plus conviviale ;

- Ne plus utiliser de produits chimiques en solution et privilégier les pulvérulents ;
- Simplifier la pesée de la farine et surtout réduire son besoin de précision ;
- Limiter l'utilisation de matériels annexes (bain marie et verrerie notamment) ;
- Maîtriser les conditions du test (la mesure ampérométrique est sensible à la température) ;
- Créer et quantifier la quantité d'ions I_3^- avant d'introduire la farine de façon à connaître exactement la quantité d'iode qui se fixe à l'échantillon de farine.

Ces travaux ont abouti à la création d'un nouvel appareil, le SDmatic (**Figure 14**) qui fonctionne de la manière suivante :

- L'opérateur prépare une solution contenant 120 ml d'eau distillée et 3 g (+/- 1 g) d'acide borique et d'iodure de potassium ;
- La solution est placée dans l'appareil et la tête de mesure est mise en position ;
- Une résistance chauffante porte la solution à 35 °C, un thermomètre contrôle la température en temps réel ; 1 g de farine (+/- 0.1 g) est placé dans l'appareil sur un système vibrant ;
- dès que la température est atteinte, une paire d'électrodes génère un courant électrique dans la solution qui crée de l'iode libre pendant une durée dépendant de la masse de l'échantillon ;
- une deuxième paire d'électrodes mesure exactement le courant électrique généré : I_M (donc la quantité d'iode) ;
- la farine est automatiquement introduite dans le bol de réaction ;
- le test continu pendant 180 secondes au terme desquelles l'appareil mesure l'intensité du courant résiduel I_R ;
- il est alors possible de calculer l'absorption d'iode :
$$A_I = 1 - (I_R - I_M)$$
 qui est proportionnelle à la quantité d'amidon endommagé.

Les résultats, obtenus en moins de 10 minutes, peuvent être convertis en unités Chopin Dubois (UCD) ou encore en Audidier, Farrand ou AACC, sur la base de farines de référence connues. (Arnaud DUB, 2004)

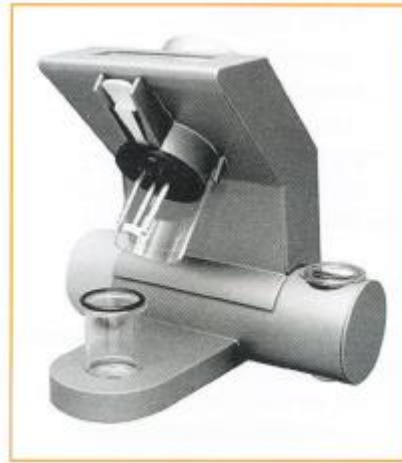


Figure 14 : SDmatic (Arnaud DUB, 2004)

8.3. Effet de l'amidon endommagé sur la qualité de la farine

Pendant le processus de production des amidons, plus particulièrement pendant le broyage, une fraction des granules d'amidon subit des dommages mécaniques. Le degré de dommages subis dépend du type de broyeur, du degré de broyage et de la dureté des graines, lorsqu'il s'agit des céréales (Horseney, 1994). Les conséquences de l'endommagement des granules d'amidon sont entre autres, l'hydratation rapide et leur susceptibilité à l'hydrolyse enzymatique (Ranhotra, Gelroth et Eisenbraun, 1993). Pour la panification, un certain taux d'endommagement des granules d'amidon est recherché car il optimise l'hydratation et favorise la fermentation. Cependant au-delà d'un certain taux, on note une hydratation excessive de la pâte, ce qui a pour conséquence l'accélération de l'action enzymatique (Ranhotra *et al.*, 1993). En somme, le taux d'endommagement est un indice d'évaluation de la qualité des amidons et même de la farine (Hakki, Williams et Köksel, 2004).

❖ Gélatinisation

Similaire aux changements concernant l'amidon isolé, la diminution de la température de gélatinisation et du ΔH a également été observée pour la farine amyliacée en raison des dommages causés par l'amidon (Asmeda, Noorlaila, & Norziah, 2016). Cependant, la température de gélatinisation de la farine est de 4 à 15 °C supérieure à celle de l'amidon isolé correspondant, même s'il est endommagé pendant fraisage (Hasjim *et al.*, 2013). La cause probable est que la farine est le mélange comprenant non seulement de l'amidon mais des composants (par exemple cendres, lipides, protéines et fibres alimentaires), qui peuvent

renforcer la barrière physique contre la chaleur transfert. Par conséquent, il faut plus d'énergie pour que la farine se gélatinise.

1. Propriétés anticancéreuses et antioxydantes des fruits de *Bunium bulbocastanum*

Rédacteurs : Iswar Hazarika, Anju Das (Annexe 3)

Journal:STM journals, ISSN: 2394-7276

1.1. Résumé :

Depuis des années, les fruits du *Bunium bulbocastanum* sont employés comme épice culinaire, et étant donné que la propriété antioxydante joue un rôle important dans la prévention du stress oxydatif, qui s'est avéré être une cause majeure du cancer, la présente étude vise à évaluer l'effet antioxydant et cytotoxique in vitro des extraits de fruit de *Bunium bulbocastanum*.

Des dosages d'antioxydants standard in vitro tels que le pouvoir réducteur, le piégeage des super oxydes, le piégeage de l'oxyde nitrique et la peroxydation des lipides ont été réalisés. L'activité anticancéreuse a été démontrée en utilisant le test MTT sur des lignées cellulaires humaines. Nos résultats dévoilent que l'extrait d'acétate d'éthyle a plus de potentiel antioxydant que le témoin (acide ascorbique). Les fractions d'acétate d'éthyle, aqueuse, méthanolique brute, n-hexane et chloroforme avaient un potentiel d'antioxydation de 31,24, 26,07, 20,67, 15,51 et 5,72% à 0,5 mg / ml respectivement. De plus, dans le criblage de l'activité anticancéreuse, le test MTT a révélé la puissance de la fraction d'acétate d'éthyle en tant que meilleur agent anticancéreux.

1.2. Introduction :

Le stress oxydatif a un effet néfaste sur notre corps en endommageant les protéines, les acides nucléiques et les lipides, ce qui conduit au cancer. Ce stress oxydatif est dû à la surproduction de radicaux libres, qui sont générés à la fois par des sources endogènes et exogènes. Les endogènes incluent la chaîne respiratoire et les enzymes oxydatives, tandis que les enzymes exogènes comprennent le tabagisme et d'autres polluants atmosphériques.

Les effets thérapeutiques de plusieurs plantes médicinales sont attribués à ses propriétés antioxydantes. Les chercheurs suggèrent une relation inverse entre l'apparition de la maladie et la consommation d'aliments riches en antioxydants. Les antioxydants à base de plantes sont préférés aux médicaments à base de synthèse en raison de multiples mécanismes d'action et de leur nature moins toxique. *Bunium bulbocastanum* communément appartient à la famille des

Apiacées. Ses fruits ont été utilisés à des fins comestibles. Le *Bunium bulbocastanum* présente une propriété antioxydante liée à sa propriété antidiabétique, est bien connue. Dans ce contexte l'objectif de notre étude d'explorer l'activité antioxydante et anticancéreuse du fruit de *Bunium bulbocastanum*.

1.3. Matériels et Méthodes :

Des fruits de plantes de *B. bulbocastanum* ont été collectés au Cachemire au mois de juillet 2015. L'échantillon a été authentifié par un botaniste renommé dans le laboratoire de recherche et développement de Natural Remedies Pvt. Ltd. Bangalore de l'Etat du Karnataka, Inde, en comparant l'échantillon avec l'échantillon authentique. Un échantillon de référence portant le numéro de lot CP / 412 a été conservé au laboratoire pour référence ultérieure.

- **Extraction**

Les fruits de *B. bulbocastanum* ont été séchés à l'ombre et transformés en poudre par hachage et broyage. La poudre a été trempé dans du méthanol pendant 15 jours à température ambiante deux fois. Les filtres ont été combinés à chaque fois que le filtrat a été filtré et concentré en utilisant un évaporateur rotatif à 40 ° C pour obtenir des extraits méthanoliques bruts.

- **Fractionnement**

L'extrait méthanolique brut de fruits de *B. bulbocastanum* (137 g) a été mis en suspension dans 350 ml d'eau distillée. Pour un fractionnement supplémentaire, la suspension a été partagée avec du n-hexane (3 x 500 ml), du chloroforme (3 x 500 ml) et de l'acétate d'éthyle (3 x 500 ml), respectivement, pour donner le n-hexane (45 g), chloroforme (30 g), acétate d'éthyle (16 g) et fractions aqueuses (37 g). Toutes les fractions contiennent des composés particuliers basés sur la solubilité de ces composés à partir de l'extrait brut.

Activité antioxydante

- **Méthode à l'oxyde nitrique**

Pour effectuer le test de piégeage des radicaux libres de NO, des solutions mères de différents échantillons de test ont été préparées en dissolvant 3 mg des échantillons de test dans 1 ml de

méthanol. Différentes dilutions de l'échantillon d'essai ont été faites à partir de la solution mère, à savoir. 0,5, 0,25 et 0,125 mg / ml et dans des tubes à essai séparés, 1 ml de chaque dilution a été introduit avec 1 ml de nitroprussiate de sodium pour préparer le mélange réactionnel. Ce mélange a ensuite été incubé à 27 ° C pendant 90 minutes. Après incubation, 0,5 ml du mélange réactionnel a été ajouté à 1 ml d'acide sulfanilique et incubé pendant 5 minutes à 27 ° C. 1 ml de dichlorhydrate de N- (1-naphtyl) éthylène diamine (0,1% dans H₂O) y est ajouté et à nouveau incubé à 27 ° C pendant 30 min. Les résultats ont été obtenus en prenant l'absorbance à 546 nm. Le méthanol a été utilisé comme blanc et l'acide ascorbique (vitamine C) a été utilisé comme contrôle positif respectivement.

Le potentiel d'antioxydation en pourcentage a été calculé par la formule:

$$\text{Pourcentage d'inhibition} = [A_o - A_t / A_o] \times 100$$

Où, A_o est l'absorbance du mélange réactionnel témoin sans extrait et A_t est l'absorbance des échantillons d'essai.

- **Détermination de l'activité anticancéreuse - test MTT**

Dans cette étude, les extraits ont été testés pour leur pouvoir anticancéreux contre les lignées de cellules cancéreuses humaines HeLa, Hep 2, MCF 7 et NIH 3T3 des cellules de fibroblastes embryonnaires de souris en utilisant le test MTT. Pour cela, les cellules cancéreuses ont été ensemencées dans des plaques 96 puits à une densité de 1 x 10⁴ cellules / puits dans 100 µl de milieu RPMI. Le milieu a été éliminé après vingt-quatre heures d'ensemencement puis les cellules ont été incubées pendant 3 jours avec du RPMI en l'absence et / ou en présence de diverses concentrations d'extraits de *B. bulbocastanum*. Des extraits ont été ajoutés à diverses concentrations allant de 62,5 à 1 000 µg / ml. Après incubation, 20 µl de réactif MTT ont été ajoutés dans chaque puits. Ces plaques ont été incubées à nouveau à 37 ° C dans un incubateur à CO₂ pendant 4 h. Les produits MTT résultants ont été déterminés en mesurant l'absorbance à 570 nm en utilisant un lecteur ELISA. La viabilité cellulaire a été déterminée en utilisant la formule:

$$\% \text{ De viabilité} = (\text{densité optique de l'échantillon} / \text{densité optique du contrôle}) \times 100.$$

Les valeurs de CI₅₀ ont été calculées comme les concentrations qui montrent une inhibition de 50% de la prolifération sur toute lignée cellulaire testée.

1.4. Résultats

Articles

- **Aucun test de balayage des radicaux libres**

L'acide ascorbique (vitamine C) a été utilisé comme étalon pour déterminer le potentiel d'antioxydation des fractions de fruits de *B. bulbocastanum* à différentes concentrations.

Tableau 10: % d'activité antioxydante des fractions de fruits de *B. bulbocastanum* à des concentrations de 0,5, 0,25 et 0,125 mg / ml.

	% d'activité d'antioxydation		
	0.5 mg/ml	0.25 mg/ml	0.125 mg/ml
Acide ascorbique	25.60	25.38	23.44
Fraction aqueuse	25.17	15.17	12.08
Fraction chloroforme	4.82	4.34	3.68
Extrait méthanolique brut	19.77	16.48	10.94
Fraction d'acétate d'éthyle	30.34	23.99	20.76
fraction de n-hexane	14.61	14.02	7.42

Le tableau 10 montre les résultats obtenus à partir du test de piégeage de NO. On peut voir à partir du tableau 10 que parmi les différentes fractions de *B. bulbocastanum*, la fraction d'acétate d'éthyle avait une puissante antioxydation (30,34%) à une concentration de 0,5 mg / ml qui dépasse même le potentiel d'antioxydation du standard (25,60%). La fraction aqueuse à une concentration de 0,5 mg / ml a également montré un potentiel d'antioxydation significatif de 26,07%. Le reste des trois fractions avait cependant une activité antioxydante inférieure à celle du standard à toute la concentration.

Tableau 11: Effet cytotoxique (IC50) des fractions de fruits de *B. bulbocastanum* dans des lignées cellulaires humaines

Échantillon	HeLa (µg/ml)	Hep2 (µg/ml)	MCF7 (µg/ml)	NIH 3T3 (µg/ml)
Fraction aqueuse	368.75±0.78	314.65±0.45	321.75±0.34	>1000
Fraction chloroforme	>1000	>1000	>1000	>1000
Extrait méthanolique brut	>1000	>1000	>1000	>1000
Fraction d'acétate d'éthyle	257.19±0.62	218.70±0.45	221.06±0.67	>1000

fraction de n-hexane	>1000	>1000	>1000	>1000
----------------------	-------	-------	-------	-------

1.5. Discussion :

La présente étude a été conçue pour fournir des données comparatives sur l'étude in vitro d'antioxydants et de cytotoxicité de différents extraits de fractions de fruits de *B. bulbocastanum* contre des lignées cellulaires cancéreuses humaines, à savoir. HeLa, Hep 2, MCF 7 et NIH 3T3 Cellules de fibroblastes embryonnaires de souris.

Les antioxydants protègent les constituants cellulaires contre les dommages oxydatifs et diminuent ainsi le risque de diverses maladies dégénératives associées au stress oxydatif. Notre résultat pour le test de piégeage des radicaux libres NO suggère que le potentiel d'antioxydation en pourcentage augmente à mesure que la concentration des échantillons de test augmente, indiquant la dépendance de la concentration de la capacité d'antioxydation à la fois dans les échantillons de test et dans le standard. L'enquête suggère que toutes les fractions de *B. bulbocastanum* avaient un potentiel d'antioxydation avec un résultat encourageant de pourcentage d'inhibition d'antioxydation de 31,24 et 26,07% à 0,5 mg / ml pour la fraction d'acétate d'éthyle et la fraction aqueuse. Cependant, en particulier, la fraction d'acétate d'éthyle a une capacité d'antioxydation de 30,34% par rapport à la valeur standard (acide ascorbique) de 25,60%

- **Détermination de l'activité anticancéreuse:**

Les résultats de la puissance anticancéreuse des fractions de fruits de *B. bulbocastanum* contre des lignées cellulaires cancéreuses humaines, à savoir. Les cellules de fibroblastes embryonnaires de souris HeLa, Hep 2, MCF 7 et NIH 3T3 utilisant le test MTT sont données dans le tableau 11. Le tableau montre que la fraction d'acétate d'éthyle et la fraction aqueuse avaient une puissante activité anticancéreuse contre les lignées cellulaires HeLa, Hep2 et MCF7 mais aucune des fractions ont montré un effet cytotoxique pour les lignées cellulaires NIH 3T3. Cependant, d'autres fractions n'avaient aucun effet cytotoxique.

Représente son utilisation thérapeutique possible comme antioxydant. L'oxyde nitrique (NO) lui-même est un radical et il est rapporté que les molécules d'oxyde nitrique sont directement piégées par les antioxydants. Lorsque des antioxydants sont utilisés, les radicaux libres sont piégés et ne peuvent donc plus réagir avec l'oxyde nitrique, ce qui entraîne moins de dommages.

Les résultats du tableau 11 suggèrent que la fraction d'acétate d'éthyle et la fraction aqueuse ont montré une valeur IC50 puissante pour toutes les lignées cellulaires testées à l'exception des lignées cellulaires normales NIH 3T3 (IC50 > 1000 µg / ml) alors que les autres fractions n'ont produit aucun effet significatif. Ainsi, cette étude suggère que l'activité anticancéreuse de la fraction de fruits de *B. bulbocastanum* pourrait être liée à sa propriété antioxydante. Toutes les espèces réactives de l'oxygène peuvent endommager l'ADN et les divisions cellulaires, entraînant des mutations avec des dommages non réparés ou mal réparés. Si ces changements apparaissent de manière cruciale dans les gènes critiques, tels que les oncogènes ou les gènes suppresseurs de tumeur, ils peuvent entraîner le déclenchement ou la progression du cancer. Les espèces réactives de l'oxygène (ROS) peuvent interférer directement avec la signalisation et la croissance des cellules. Les dommages cellulaires causés par les espèces réactives de l'oxygène peuvent induire une mitose, ce qui augmente le risque que l'ADN endommagé entraîne des mutations et peut augmenter l'exposition de l'ADN aux mutagènes.

1.6. Conclusion :

Nous sommes en mesure de conclure que l'acétate d'éthyle et la fraction aqueuse du fruit de *B. bulbocastanum* ont une activité antioxydante et anticancéreuse remarquable. Cependant, les composants responsables de l'activité sont incertains; des recherches complémentaires sont nécessaires pour isoler les constituants purs et comprendre leur mécanisme.

2. Intitulé : Evaluation sensorielle du couscous de farine de manioc (*Manihotesculenta Crantz*) substituée par celle de patate douce (*Ipomoeabatatas, Lam*). (**Annexe 2**)

Rédacteurs : A.M. Njoya, C.W. Nain , S.D. Mendi& H. Imele

Journal : TROPICULTURA, 2016, **34**,2, 180-185

2.1.Résumé :

Une évaluation sensorielle du couscous de farine de manioc (*Manihotesculenta Crantz*) substituée à celle de patate douce (*Ipomoeae Crantz*) a été conduite au laboratoire de Technologie Alimentaire et post-récolte de l'IRAD à Bambui au Cameroun. Cette étude compoter sur la préparation du couscous, la farine de manioc a été substituée à 0%, 20%, 40%, et 50% par la farine de patate douce (FP) pour les échantillons F0, F1, F2, F3.

Les paramètres goût, odeurs, couleurs, et textures sont évaluées par un panel de 30 personnes tout en indiquant leur préférence. Les résultats dévoilent que l'odeur du couscous n'est pas affectée par la substitution de la farine de manioc par celle de patate douce. D'autre part, l'augmentation de la proportion de farine de patate influence négativement l'acceptabilité du couscous de manioc.

2.2. Introduction

La patate douce (*Ipommoeabatatas ,Lam*) est l'une des cultures majeurs dans le monde aux côtés du riz ,du maïs et du blé. D'autre part comparé à d'autres tubercules, elle constitue un aliment potentiel pour des populations aux ressources limitées. Elle est riche en glucides, vitamines, et minéraux. Par ailleurs, elle constitue une source de caroténoïdes qui sont des précurseurs de la vitamine A notamment les variétés jaunes et oranges.

La consommation de 130g de patate douce fournit 32% de la demande journalière minimum en vit A:70% de la vit C et des quantités appréciables de thiamine, riboflavine, niacine, phosphore.

Des études menées sur 10 variétés de patate douce ont révélé une activité amylolytique variant de 0,26 - 0,57 mg/ml/min et des teneurs respectives en amidon, sucre totale, et sucrose de l'ordre de 68,4 – 73,9% ; 9,31 – 6,1% et 5,79 – 14,42% de matière sèche. Cette forte activité amylolytique résulterait de la présence des enzymes amylolytiques endogènes

Article

notamment l' α -amylase et l'amidon phosphorylase. Ces enzymes pour l'hydrolyse de l'amidon en sucre simples lors de la cuisson et de la transformation.

La patate douce peut être utilisée dans l'alimentation humaine et animale et, son amidon constitue une source de matière première dans l'industrie.

La farine est un moyen de conservation du fait de la réduction de l'activité microbienne. Celle de la patate douce est une source d'énergie, de minéraux (Ca, P... etc.) et de provitamines A notamment le β – carotène converti en totalité en vit A.

Elle a des teneurs en amidon, sucre totale, cendres et protéines de l'ordre 74,5 ; 11,4 ; 1,56 et 2,3% de matière sèche et riche en fibres.

La farine de patate douce est utilisée en boulangerie et pâtisserie comme supplément de la farine de blé. Cette association conduirait à l'amélioration de la valeur nutritives de ces produits notamment en fibres et caroténoïdes d'une part et à la protection de l'organisme contre les effets néfastes d'autre part. De plus sa teneur élevée en fibres, ces composants facilitent le transit gastro- intestinal.

La farine de la patate douce est utilisée pour la préparation des croquettes de poisson à base d'amidon de manioc. Au regard de son potentiel nutritionnel, son introduction dans l'alimentation comme substituant des farines traditionnelles ne saurait que contribuer au bien-être de population.

De nos jours très peu d'études ont été menées quant à la substitution de la farine de manioc fermenté ou « KumKum » par celle de patate douce pour la préparation du couscous.

Le manioc est un tubercule à faible valeur nutritive, les populations se nourrissent régulièrement du couscous de manioc sont exposées au problème de malnutrition dû à une déficience en protéines, vitamines et minéraux .la farine de manioc à des teneurs en protéines, fibres, graisse et cendres de 1,5%, 1,30% , 0,21% et 1,60% respectivement .Elle présente un taux de protéines et de glucides variant de 0,41-0,51% et 87 – 88% respectivement .

La substitution de la farine de manioc par celle de patate douce améliorerait son potentiel nutritif notamment par un apport en « p », minéraux et caroténoïdes ou vit A ; réduirait le niveau d'acide cyanhydrique , substance toxique et présente dans la farine de manioc à des teneurs comprises entre 10 et 38 mg/kg . Cette substitution permettrait ainsi à certaines populations de conserver leurs habitudes alimentaires au regard du cout élevé du manioc sur le marché et de sa rareté.

Donc, ce travail viser à la production de la farine de patate douce et à l'évaluation sensorielle du couscous à base de farine mixte manioc / patate ainsi qu'un celle de son acceptabilité.

2.3. Matériel et Méthodes

2.3.1. La préparation des tubercules :

- Les tubercules de patate douce (variété jaune) et de manioc obtenus au marché de Bambui du nord-ouest Cameroun.
- Dans premier étape, ils ont lavés à l'eau potable, puis pelés et enlevées les parties endommagées.
- Par la suite, ils ont découpés en tranche d'épaisseurs de 2 à 3 millimètre.

A) Préparation de la farine de patate

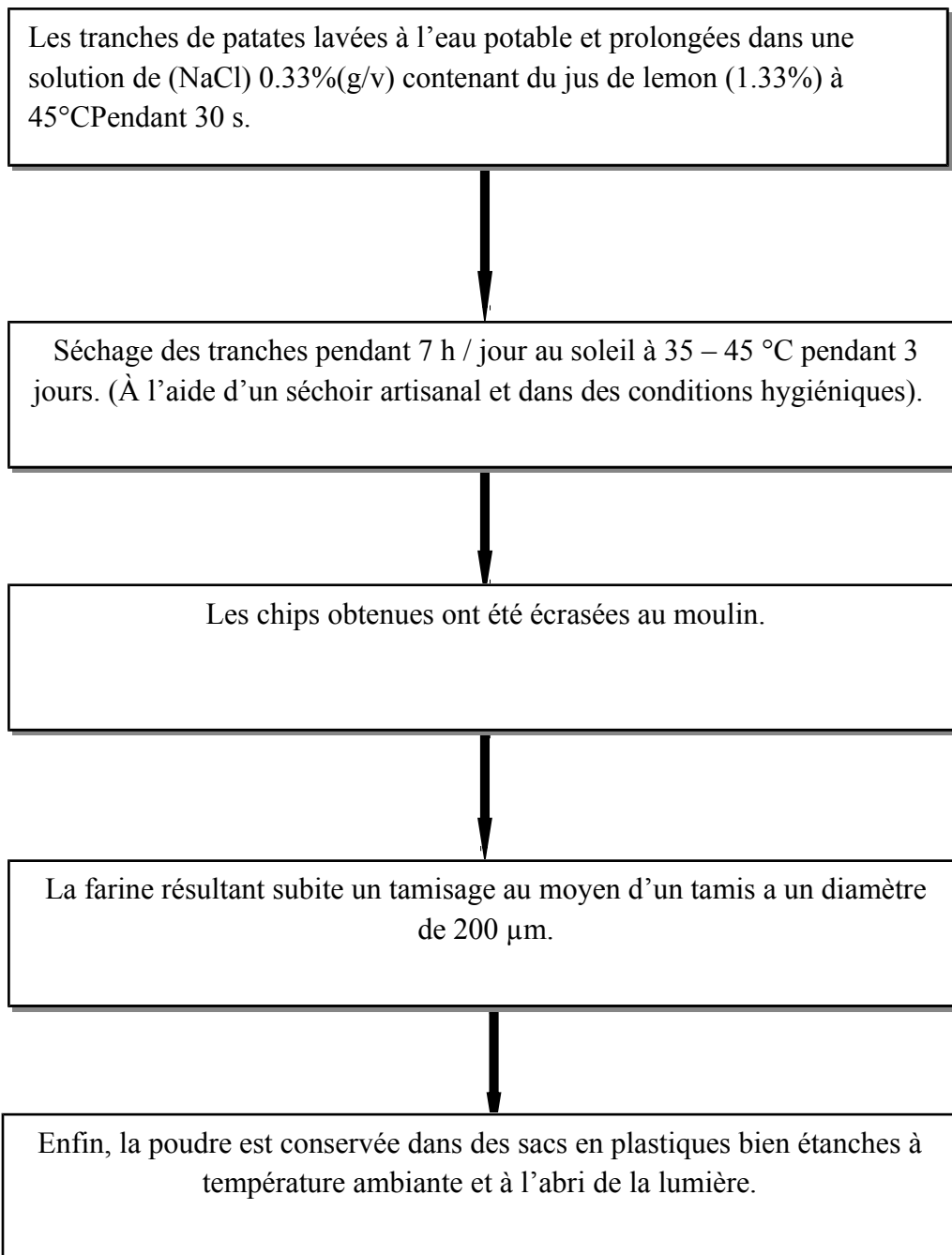


Figure 15 : schéma représenté les étapes de la préparation de la farine de la patate douce.

B) Préparation de la farine de manioc

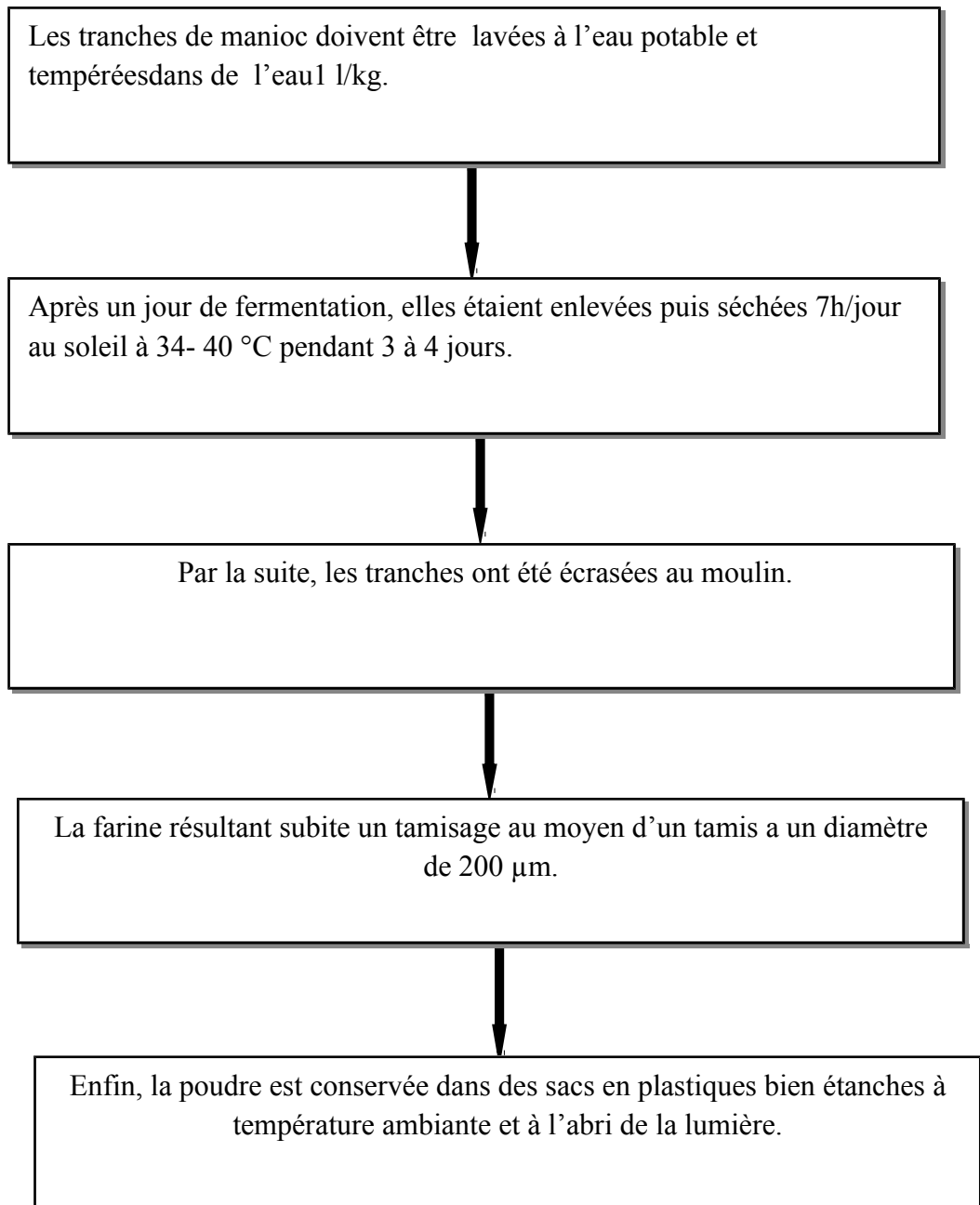


Figure 16 : schéma représenté les étapes de la préparation de la farine de manioc.

2.3.2. Préparation du couscous

- Nous avons procédé à quatre formulations (F0, F1, F2, F3) de farine (tableau 1) pour la préparation du couscous.
- Introduire la farine dans une marmite en aluminium contenant 400 ml d'eau bouillante et mélangé immédiatement par un pilon en bois à feu doux.
- Puis, Ajouter au mélange de 100 ml d'eau chaude et bouillé j'jusqu'à absorption complète et obtention d'une pâte homogène pendant =10min.

Tableau 12 : Différente formulations de farine pour la préparation du couscous.

Mélange	F0	F1	F2	F3
Farine de manioc (FM) en g	300	240	180	150
Farine de patate (FP) en g	0	60	120	150
proportion du mélange (FM/FP)	100/00	60/40	60/40	50/50

- Enfin, le couscous obtenu était emballé dans des feuilles de bananiers légèrement chauffées et conservé à chaud dans un thermos pour la dégustation.

2.3.3. Evaluation sensorielle

- Un panel de 30 personnes a procédé à l'évaluation sensorielle du couscous, ils choisies au hasard, non entraînés et par ailleurs consommateurs de couscous de manioc localement appelée « fufu ». Il était constitué de chercheurs de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Bambui, étudiants et ménagères sensibilisées à cet effet.
- Un questionnaire donné et portait sur les caractéristiques suivantes : la couleur, l'odeur, la texture et le goût.
- Les échantillons sont codés et présentés à 70 – 75 °C et simultanément.
- Pour chaque paramètres, l'évaluation s'est faite selon une échelle hédonique de 5 points comportant : excellent =5 ; très bien =4 ; bien =3 ; passable =2 et mauvais=1.
- Chaque membre du panel doit être indiqué sa préférence parmi les différents échantillons de couscous et présente d'un commentaire des observations sur la qualité sensorielle.
- Ces travaux se sont déroulés au laboratoire de Technologies Alimentaire et Post Récolte du Centre Régional de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Bambui de juillet à aout 2012 et ont fait l'objet de trois répétitions.

2.4. Analyse statistiques

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de moyenne plus ou moins écart-type. Ils ont fait l'objet d'une analyse de variance et les moyennes ont été séparées grâce au test de student (logiciel Stagraphic Centurion) au seuil de probabilité de 5%.

2.5. Résultats et discussion :

A partir des données du tableau 13, **la couleur** du couscous est plus élevée dans les échantillons 0%, et 20% de farine de patate. Ces deux valeurs n'étant pas significativement, ($p > 0.05$) différentes.

Article

Une forte proportion de farine de patate (FP) s'est traduite par une coloration brune plus dense du couscous de manioc de nature blanche due au brunissement non enzymatiques qui résulte une forte concentration en oses simple.

Selon les observations du panel : **la texture** des échantillons :

-À 0% et 20% présentaient les meilleurs résultats ($p < 0.05$).

-A 40% et 50% de FP présentaient une texture molle pour la plupart (73.77%) des panélistes.

En effet, l'augmentation de la proportion de farine de patate à celle de blé entraîne une forte absorption d'eau de l'ordre de 29 – 169%.

Cette perte l'élasticité du couscous due à une forte absorption d'eau lors de la cuisson. Ceci résulterait de l'hydrolyse de l'amidon et libération des composés hydrosolubles du fait de la forte activité amylolytique de la farine de la patate.

Selon les membres du panel, il n'a pas été observé de différence significative ($p < 0.05$) quant aux notes attribuées aux critères **odeurs** des produits. Ce qui contraste avec l'arôme fort développé par la FP durant la cuisson.

Tableau 13 : Notes de l'évaluation sensorielle du couscous fait à base de farine mixte de manioc et de patate douce.

FP/FM (%)	Couleur/5	Odeur/5	Texture/5	Gout/5
0/100	3,76 ± 0,93a	2,46 ± 0,97a	3,30 ± 1,07a	2,50 ± 1,04 c
20/80	3,26 ± 1,04a	2,93 ± 1,08a	3,93 ± 1,31a	3,96 ± 0,96a
40/80	2,36 ± 1,15b	2,73 ± 0,86 a	2,66 ± 0,88b	3,26 ± 1,04b
50/50	2,26 ± 1,08b	2,76 ± 0,81a	2,23 ± 0,93b	2,96 ± 1,06bc

NB : Dans une même colonne, les valeurs affectées du même signe ne sont pas significativement différentes ($P > 0.05$)

FP : Farine de Patate

FM : Farine de Manioc

Tableau 14 : Préférence des panélistes

FP/FM (%)	N(Effectif)	Proportion (%)
0/100	9	30
20/80	18	60
40/80	3	10
50/50	0	0

Article

Le goût du couscous le plus apprécié est du mélange 80/20 (FM/FP), sa note (3.96) étant significativement la plus élevée ($P < 0.05$). Par contre, le témoin (100% FM) indique la note la plus faible (2.50) étant comparable ($p > 0.05$) à celle de l'échantillon à 50% de FP.

D'autre part, les panélistes en majorité (60%) ont indiqué une saveur relativement sucrée de l'échantillon à 50% de farine de patate et 50% de farine de manioc. Cette saveur sucrée apparente due à la présence des sucres simples.

De plus, à faible proportions, la farine de patate améliorerait le goût du couscous de manioc.

Le tableau 14 nous révèle que le choix des panélistes s'est également orienté en majorité (60%) sur l'échantillon à 20% de farine de patate douce au détriment de l'échantillon témoin (0%).

De même, une augmentation de la proportion de farine de patate douce (60%) provoque une réduction de l'acceptabilité des gâteaux à base de farine de blé.

En fait, après la cuisson la saveur sucrée et l'arôme fort ne sont pas appréciés de tous du fait de la chaleur. Donc, ces caractéristiques n'étant pas celle du couscous de manioc à l'origine.

2.6. Conclusion

La présente étude révèle que le couscous obtenu à partir d'un mélange de farine de manioc et de celle de patate dans les proportions 80/20 se révèle indiqué pour la consommation sur le plan sensorielle.

Cependant, une étude de ses propriétés physicochimiques est nécessaire afin de s'assurer de son potentiel nutritionnel élevé comparé au couscous du manioc.

3. Intitulé : Constituants chimiques des racines du *Bunium incrassatum* algérien et évaluation de son activité antimicrobienne (**Annexe 3**)

Rédacteurs : Ahlem Bousetla, Amar Zellagui *, Kamel Derouiche, Salah Rhouati

Journal : Journal arabe de la chimie

3.1. Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier composition chimique des racines de *Bunium incrassatum* poussant en Algérie, deux coumarines, le b-sitostérol, le saccharose et l'acide oléique ont été isolés de chlorure de méthylène:méthanol (1/1) extrait des racines de cette espèce. En outre, une méthode dite méthode de diffusion sur gélose est utilisée pour évaluer l'activité des antimicrobiens dans l'extrait brut. Les résultats antimicrobiens ont montré que l'extrait brut avait un grand potentiel d'activité antimicrobienne contre tous les microorganismes testés, en particulier les souches de champignons.

3.2. Introduction

Depuis de nombreux siècles les plantes médicinales et aromatiques sont utilisées dans les thérapies alternatives actuelles. Les Herbes représentaient souvent les sources originales de la plupart des drogues. *Bunium incrassatum* est une plante médicinale appartenant à la famille des Apiacées, est largement répandue dans les parties orientales de Algérie et appelée "Talghouda" le genre *Bunium* est composé de sept espèces en Algérie la flore, dont quatre sont endémiques.

Ce genre est proche de *Carum*. Le *Bunium* et le *Carum* sont deux des plus importantes plantes aromatiques et médicinales, dont les graines et les huiles essentielles ont été utilisées dans l'alimentation et la médecine dans le monde entier depuis si longtemps.

Le *Bunium incrassatum* est une plante poussant dans le nord de l'Algérie présente un médicament économiquement important. Les racines de cette plante sont assez nutritives et sont généralement consommés comme des pommes de terre.

Dans le système indigène de médicaments, les médicaments séchés et en poudre les tubercules sont considérés comme astringents et antidiarrhéiques et s'est révélé utile contre les hémorroïdes inflammatoires. En outre, cette plante est utilisée pour le traitement de la bronchite et de la toux.

La chimie de cette espèce n'a jamais été étudiée auparavant. Des études phytochimiques antérieures sur le genre *Bunium* ont révélé la présence de coumarines de sesquiterpènes et surtout d'huiles essentielles (monoterpénoïdes) comme métabolites fréquents. En outre, il est bien documenté que les huiles essentielles et les extraits de certains *Bunium* spp possèdent des effets antihistaminiques, antibactériens et antifongiques en plus de leurs activités antioxydantes.

Dans cette étude, nous avons étudié pour la première fois les constituants des racines de *B. incrassatum* et leur activité antimicrobienne. À notre connaissance, il n'existe aucun rapport dans la littérature concernant les constituants chimiques ou les activités biologiques de la plante mentionnée ci-dessus.

3.3. Expérimental

3.3.1. Matériaux végétaux

- Les racines de *B. incrassatum* ont été collectées au souk Naamane, dans les environs d'Oum El bouaghi (à l'est de l'Algérie) en mai 2007, et la plante a été identifiée par le Dr Amar Zellagui, Département de biologie, Université d'Oum El bouaghi. Un spécimen de bon a été déposé à l'Herbier du département de biologie de l'Université de Constantine sous le code numéro ZA 103.
- Toutes les taches cliniques : *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermis*, *Proteusmerabilis*, *Streptococcus pyogenes*, *Klebsiellaoxytoca*, *Enterobactersp.*, *Pseudomonas aerogenosa* et *Seratiasp.* ont été obtenus à partir Laboratoire de bactériologie Hôpital universitaire de Constantine (C.H.U). Tandis que les champignons *Aspergillus flavus*, *Peniciliumcandidum* et *Candida albicans* ont été isolés en microbiologie laboratoire, département de biologie, Oum El Bouaghi Université.
- Les racines de *B. incrassatum* (800 g) ont été broyées et extraites avec du CH₂Cl₂-MeOH (1:1) à température ambiante.
- L'extrait a été concentré sous vide pour obtenir un résidu.
- Ce dernier a été fractionné sur du gel de silice CC (3 x 125 cm), élué avec de l'hexane, suivi d'un gradient d'hexane-CH₂Cl₂ jusqu'à 100 CH₂Cl₂ et CH₂Cl₂-MeOH.

-L'extrait (1:1) donne un précipité, qui a été lavé avec MeOH pour donner le composé **1**.

-La fraction n-hexane-CH₂Cl₂ (25:75) donne le composé **2** également par les précipitations.

-La fraction n-hexane-CH₂Cl₂ (50:50) a donné **3** et **4** et un précipité, qui a été lavé trois fois avec du méthanol pour se permettre le composé **5**.

-Ces composés ont été identifiés en utilisant les UV, MS, H-¹RMN et C-¹³NMR expériences, et avec comparaison de leurs propriétés spectroscopiques avec les données de la littérature.

- **Composé 1 : le saccharose**

Le saccharose, un disaccharide formé à partir du glucose lié au fructose, avec la liaison glycoside entre le proton anomérique de glucose (configuration α) et le proton anomérique de fructose (configuration β) Fig. 1. C'était le principal composé de l'extrait de CH₂Cl₂-MeOH (1:1). Sa structure a été déterminée par en utilisant H-¹NMR et C-¹³NMR expériences.

Le composé a été obtenu sous forme de solide blanc (150 mg) ; m.p. 186 °C. Littérature. 186 °C.

- **Composé 2 : acide oléique**

L'acide oléique contient 18 atomes de carbone, selon la formule empirique C₁₈H₃₄O₂ et implique une double liaison, placée symétriquement entre les atomes de carbone C-9 et C-10 et un acide carboxylique groupe à une extrémité. Son nom IUPAC est l'acide Cis-9-octadécénoïque.

Le composé a été obtenu sous forme d'huile incolore (10 mg) ; m.p.16.5°C.

- **Composé 3 : Scopoletin**

Il est obtenu sous forme de solide cristallin (8 mg) ; p.m. 202-204°C.

- **Composé 4 : Scoparone**

Ce composé obtenu sous forme de solide blanc (4 mg) ; m.p. 143-145°C

- **Composé 5 : β-sitostérol**

Le composé est isolé sous forme de poudre incolore (75 mg) ; m.p.135–137°C.

➤ **Les tests d'activité antimicrobienne ont été effectués sur des échantillons bruts de**

Extrait (CH₂Cl₂/MeOH 1:1) en utilisant la méthode de diffusion sur disque contre neuf agents pathogènes pour l'homme les bactéries, y compris les bactéries à Gram positif et à Gram négatif.

- *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermis*, *Proteusmerabilis*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aerogenosa*, *Klebsiellaoxytoca*, *Enterobactersp.* Et *Seratiasp.* Et trois champignons ; *Aspergillus flavus*, *Peniciliumcandidum* et *Candida albicans*.
- Les souches bactériennes ont été cultivées pour la première fois sur le site de Muller Hinton moyen (ICM) à 37 C pendant 24 h avant l'ensemencement sur l'agar nutritif mais les champignons à 30 C pendant 48 h.
- Un disque filtrant stérile de 6 mm de diamètre (papier Whatman no.3) a été placé sur l'agar d'infusion ensemencé de bactéries, et chaque extrait en suspension dans l'eau a été déposé sur chaque disque papier (40 µl par disque) pour toutes les concentrations préparées (8 mg/ml, 4 mg/ml, 2 mg/ml, 1 mg/ml, 0,5 mg/ml, 0,25 mg/ml).

Tableau 15 : Activité antimicrobienne de l'extrait brut (CH₂CL₂/MeOH : 1/1) à différentes concentration de souche.

Les souches bacteriennes	1mg/ml	2mg/ml	4mg/ml	8mg/ml
E.Coli	-	-	-	08.00 ± 1.47
Staphylococcus aureus	6.00 ± 0.00	13.00 ± 1.47	18.50 ± 1.15	20.33 ± 0.86
Staphylococusepidermis	-	-	12.66 ± 1.15	14.00 ± 02.00
Proteusmerabilis	-	-	-	07.25 ± 0.57
Streptococcus pyogenes	-	-	07.75 ± 0.95	11.00 ± 0.95
Pseudomonas aerogenosa	-	07.00 ± 1.00	13.00 ± 0.57	16.66 ± 01.15
Klebsielaoxytoa	-	-	08.0 ± 1.47	11.00 ± 01.15
Enterobactersp	-	-	07.0 ± 01.00	08.66 ± 01.15
Seratiasp	-	-	06.0 ± 1.47	09.33 ± 0.57

Tableau 16 :Activité antimicrobienne de l'extrait brut (CH₂CL₂/MeOH : 1/1) à différentes concentration sur les trois champignons.

Champignons	0.25mg/ml	0.5 mg/ml	1mg/ml	2mg/ml	4mg/ml	8mg/ml
Aspergillisflavus	08.00 ± 0.57	12.75 ± 00	19.0 ± 0.57	30.5 ± 0.81	34.00 ± 1.80	35.25 ± 1.47
Penicillium candidum	-	06.00 ± 1.47	07.0 ± 0.86	10.57 ± 0.57	16.66 ± 0.57	23.25 ± 0.57
Candida albicans	-	-	-	-	08.50 ± 0.57	9.33 ± 0.00

- Les disques de Pétri traités ont été maintenus à 4 °C pendant 1 h, et incubé à 37 °C pendant 24 h.
- L'activité antibactérienne était évaluée en mesurant la zone d'inhibition de la croissance entourant les disques. Chaque expérience a été réalisée en trois exemplaires.
- Le test de diffusion a été appliqué à douze échantillons Gram-positif et Micro-organismes à Gram négatif, dont trois champignons.

3.4. Résultat et discussion

Les résultats sont résumés dans les tableaux 15 et 16 qui montrent que l'extrait brut (CH₂C₁₂/MeOH : 1/1) de *Buniumincrassatum* a empêché la croissance de tous les

microorganismes testés avec une zone d'inhibition de diamètre moyen augmentant proportionnellement à la concentration.

- ✓ L'inhibition obtenue varie de 6,00 à 20,33 mm avec une zone d'inhibition maximale enregistrée avec *Staphylococcus aureus*.
- ✓ Néanmoins, les champignons affichés diamètre d'inhibition très élevé et variait de 08.00 à 35,25 mm au total avec une concentration plus élevée de 8 mg/ml.

Vers en résumé, l'extrait brut contenant les composés ci-dessus a montré une activité plus forte contre les champignons que les souches de bactéries.

L'activité antimicrobienne de l'extrait brut de *Buniumincrassatum* est certainement liée à son contenu chimique comme les coumarines.

3.5. Conclusion

Notre étude de la plante algérienne *Buniumincrassatum* a conduit à l'isolement et à la caractérisation de cinq suivie de l'évaluation de l'activité antimicrobienne pour la première fois. Ces résultats renforcent les études précédentes qui montrent que le genre *Bunium* est considéré comme une bonne source de coumarines. Nous voudrait noter ici que la scopoletine et la scoparone ont été isolées dès la première fois de ce genre.

Conclusion

Les plantes aromatiques et médicinales occupent une large place et jouent un grand rôle dans l'économie nationale. Elles sont utilisées dans différents domaines : industrie alimentaire, conserverie, pharmaceutique, et phytothérapie.

Buniumbulbocastanum qui appartient à la famille des Apiacées. C'est une plante médicinale largement utilisée en médecine traditionnelle en Algérie. Connue pour ses vertus thérapeutiques variées.

Elle est présente dans toutes les régions du tell en Algérie. Elle évoque pour certains une source alimentaire remarquable mais pour d'autre, un symbole de misère qui rappelle la famine des années de disette en particulier durant la deuxième guerre mondiale et la période de révolution nationale.

Elle est présente une activité antioxydante et anticancéreuse remarquable. Cependant, les composants responsables de l'activité sont incertains; des recherches complémentaires sont nécessaires pour isoler les constituants purs et comprendre leur mécanisme.

Certaines études réalisées par des chercheurs ont conclu que la plante algérienne *Buniumincrassatum* a conduit à l'isolement et à la caractérisation de cinq suivie de l'évaluation de l'activité antimicrobienne pour la première fois. Ces résultats renforcent les études précédentes qui montrent que le genre *Bunium* est considéré comme une bonne source de coumarines.

D'autre part, Le couscous obtenu à partir de la substitution de la farine de manioc par celle de patate douce dans les proportions 80/20 se révèle indiqué pour la consommation sur le plan sensorielle.

Cependant, une étude de ses propriétés physicochimiques est nécessaire afin de s'assurer de son potentiel nutritionnel élevé comparé au couscous du manioc.

De multiples études, certes dispersées, portent sur la recherche de nouveaux constituants naturels tels que les composés phénoliques, les huiles essentielles qui ont des intérêts multiples mis en faveur de l'industrie agroalimentaire (additifs, colorants, arômes, agents de conservation) et pharmaceutique, malheureusement l'exploitation et la valorisation de ces ressources naturelles reste très limitée et très artisanale.

Liste des références bibliographiques

(A)

A.M. Njoya, C.W. Nain , S.D. Mendi& H. Imele. Evaluation sensorielle du couscous de farine de manioc (*Manihotesculenta Crantz*) substituée par celle de patate douce (*Ipomoeabatatas, Lam*)., TROPICULTURA, **2016**, **34**,2, 180-185

Aburto, J., Thiebaud, S., Alric, I., Borredon, E., Bikiaris, D., Prinós, J. & Panayiotou, C. (1997). « Properties of octanoated starch and its blends with polyethylene », Carbohydrate polymers, vol. 34, no.1-2, 101-112.

Ačkar, D., Babić, J., Šubarić, D., Kopjar, M. & Miličević, B. (2010). « Isolation of starch from two wheat varieties and their modification with epichlorohydrin », Carbohydrate Polymers, vol. 81, no. 1,76-82.

Adisa, V. A. (1985). Fungi associated with the spoilage of stored yam chips and flour in Nigeria. Die Nahrung, 29, 481-485.

Ahlem Boussetla et Amar Zellagui ; Chemical constituents of the roots of Algerian Bunium incassatum and evaluation of its antimicrobial activity.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.01.022>.

Ahmad H, Khan I, Nisar W. Antioxidation and Antiglycation Properties of Bunium bulbocastanum Fruits Various Fractions and its Possible Role in Reducing Diabetes Complication and Ageing. Vitam Miner. **2014**; 3: 118p

Alhaik, G., 2017 .Influence de l'amidon sur les propriétés rhéologiques, mécaniques et multiphysiques de formulation terre-paille. Thèse de doctorat en génie civil. Université d'Artois, Béthune.P.72.

Asmeda, R., Noorlaila, A., & Norziah, M. H. (2016). Relationships of damaged starch granules and particle size distribution with pasting and thermal profiles of milled MR263 rice flour. Food Chemistry, 191, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.095>

Athamena Souad ; Etude quantitative des flavonoides des grains de Cuminum Cyminum et feuilles de Rosmarinus officinalis et l'évaluation de l'activité biologique ; **2008-2009** ; El Hadj Lakhdar de Batna ; (P : 17-18).

Attaie, H., Zakhia, N., & Bricas, N. (1998). Etat des connaissances et de la recherche sur la transformation et les utilisations alimentaires de l'igname. In L'igname, plante séculaire et

Liste des références bibliographiques

culture d'avenir. Actes du séminaire international Cirad-Inra-OrstomCoraf, 3-6 juin 1997, Montpellier, France (eds. Berthaud, J. : Bricas, N. : Marchand, J.-L.), pp. 275-284

(B)

Baker, Miles and Helbert (2001). "Internal structure of the starch granule revealed by AFM." *Carbohydrate Research* 330(2): 249-256.

Bell, A. (1981). Influence des transformations technologiques traditionnelles sur la valeur nutritive des ignames (*Dioscorea* spp.) du Cameroun. Thèse de 3ème cycle, Université Paris VI.

Bell, A., Mück, O., & Schuler, B., (2000). Les plantes à racines et tubercules en Afrique : Une contribution au développement des technologies de récolte et d'après-récolte. Les richesses du sol. Deutsche Stiftung für internationale Entwicklung (DSE), Feldafing, Germany.

Benavente-Garcia, O., Castillo, J., Lorente, J., Ortuno, A., & Del Rio, J. (2000). Antioxidant activity of phenolics extracted from *Olea europaea* L. leaves. *Food Chemistry*, 68(4), 457-462.

Bertolini A.C. 2010. Trends in starch applications. In *starch Characterization, Properties and Applications* (A. C. Bertolini Ed) CRC Press: 99p.

Betiku E, Alade OS. 2011. Investigation of effects of different cassava cultivars with respect to hydrogen cyanide content on their starch hydrolysis. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 5(6): 2362-2370.

Blaszczak W., Valverde S., Fornal J., Amarowicz R. Lewandowicz G., Borkowski K. 2003. Changes in the microstructure of wheat, corn and potato starch granules during extraction of non-starch compounds with sodium dodecyl sulfate and mercaptoethanol. *Carbohydrate Polymers* 53: 63-73.

BOEKEN, B. (1989): Life histories of desert geophytes - the demographic consequences of reproductive biomass partitioning patterns. *Oecologia* 80: 278-283.

- **(1990):** Life histories of two desert species of the genus *Bellevalia*. The relation between biomass partitioning and water availability. *Oecologia* 82: 172-179.

Liste des références bibliographiques

Boros, B., Jakabova, S., Dornyei, A., Horvath, G., Pluhar, Z., Kilar, F., Felinger, A. (2010). Determination of polyphenolic compounds by liquid chromatography–mass spectrometry in *Thymus* species. *Journal of Chromatography A*, 1217 : 7972–7980.

BOUDREAU A., MENARD G., 1992. Le blé-Eléments fondamentaux et transformation. Les presses de l'Université Laval, Québec, 439p.

BOULLARD, B., Plantes médicinales du monde, réalités et croyances, Editions ESTEM, 2001.

Bousetla A., Zellagui A., Derouiche K., Rhouati S., (2011). Chemical constituents of the roots of Algerian *Bunium incrassatum* and evaluation of its antimicrobial activity., *Arabian Journal of Chemistry* in press

Brand-Miller JC. 2003. Glycemic load and chronic disease. *Nutr Rev* 61:S49–55

Bruneton J (2015) Pharmacognosie (5^e Éd.) Phytochimie - Plantes médicinales, Tec and Doc, Lavoisier, Paris. 1504pp.

Bruneton J. ; 1999. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Techniques et Documentation. 3^eme Ed. Lavoisier. Paris, 199-388.

Bruneton, J. (2009). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e éd.): Lavoisier.

Buleon A., Colonna P., Leloup V. (1990) “Starch and its derivatives in the cereal industry.” *Industries Alimentaires et Agricoles*, 107(6), 515-532.

Buléon, Colonna, Planchot and Ball (1998). "Starch granules : structure and biosynthesis." *International Journal of Biological Macromolecules* 23: 85-112.

Buléon, Colonna, Planchot and Ball (1998). "Starch granules : structure and biosynthesis." *International Journal of Biological Macromolecules* 23: 85-112.

Buléon, Pontoire, Riekkel, Chanzy, Helbert and Vuong (1997). "Crystalline Ultrastructure of Starch Granules Revealed by Synchrotron Radiation Microdiffraction Mapping." *Macromolecules* 30(13): 3952-3954.

(C)

Liste des références bibliographiques

Cakilcioglu U., Khatunb S., Turkoglu I., Haytad S.,(2011). Ethnopharmacological survey of medicinal plants in Maden (Elazig-Turkey)., *Journal of Ethnopharmacology.*, 137: 469–486.

Cavalcante Alves, J.M. (1996). L'embryogenèse somatique chez la patate douce (ipomoea batatas (L.) convolvulacées) : Induction et maintien des structures embryogènes, caractérisation de protéines associées. Thèse présentée pour obtenir le grade de docteur en sciences de l'université Paris XI Orsay. 183p.

Çelik, M., & Bağci, Y. (2017). An update on the genus Bunium L. (Apiaceae) in Turkey. Paper presented at the BioSyst.EU 2017 15–18 August 2017 Gothenburg, Sweden.

Cereda, M. P. (2003). In **M. P. Cereda** (Ed.), *Cultura de tuberosas amiláceas latino americanas*. Vol. 2. Fundación Cargill.

Chen, L., Qiu, X., Deng, M., Hong, Z., Luo, R., Chen, X. & Jing, X. (2005). « The starch grafted »poly (1-lactide) and the physical properties of its blending composites », *Polymer*, vol. 46, no. 15, 5723-5729.

CHENE C., (2004). Les amidons 2ème partie. *Journal de l'adrianoir, Agro-Jonction N°35* Aout/Septembre 2004.

Chun, O.K., Chung, S.J., and Song, W.O. (2007). Estimated dietary flavonoid intake and major food sources of US adults. *J. Nutr.* 137, 1244–1252.

COTON 1., LAMPITT 1.4., FULLER C.H.F., 1955. Studies in starch structure. II. Determination of iodine absorption by amperometric titration

Coursey, D. G., & Ferber, C. E. M. (1979). The processing of yams, In: *Small-scale Processing and Storage of Tropical Root Crops*. (Plucknett ed.), Westview Press, Colorado, USA, pp. 15-25.

Cronquist A., 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Ed. Columbia University Press, 1262 p.

(D)

Dacosta, E. (2003). *Les phytonutriments bioactifs*. Yves Dacosta (éd). Paris, p317.

Liste des références bibliographiques

De Rijke E, Out P, Niessen W M A, Ariese F, Gooijer C, Brinkman U A T (2006) Analytical separation and detection methods for flavonoids, *Journal of Chromatography A*, 1112, 31 – 63.

Dela Rosa, L., & Emiola, L. (1980). Characteristics of *Dioscorea rotundata* polyphenol oxidase. *Journal of Applied Biochemistry*, 2, 100-110.

Dhital S. Shrestha A.K., Hasjim J., Gidley M.J. 2011. Physicochemical and structural properties of maize and potato starches as a function of granule size. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 59(18): 10151-10161.

Di Giusto B, Dounias E, McKey DB (2017) Facing herbivory on the climb up: Lost opportunities as the main cost of herbivory in the wild yam *Dioscorea praehensilis*. *Ecology and Evolution* 7: 6493-6506

Djarri, L., (2011). Contribution à l'étude des huiles essentielles et des métabolites secondaires de trois plantes Algérienne **Daucus reboudii** Coss. ex Batt. & Trab., **Kundmannia sicula** (L.) DC., et **Elaeoselinum thapsioides** Maire. thèse de doctorat en phytochimie. Université de Mentouri. Constantine. P.12-13-22.

DONEANU, C.; ANITESCU, G., J. Supercrit. Fluids, Supercritical carbon dioxide extraction of *Angelica archangelica* L. root oil, (12), **1998**, 59-67.

DOUBLIER J.L. (2001). Caractérisation des empois, gels d'amidon et milieux complexes. Formation Adria des 21 et 22 mars 2001 à Nantes (France).

Doublier, J. L. 1989 Rheological properties of cereal carbohydrates. In *Dough Rheology and Baked Product Texture*, (H. Faridi and J .M. Faubion, eds.) p. 111–155, Chapman & Hall, New York.

Doublier, J. L. 2001 Caractérisation des empois, gels d'amidon et milieux complexes. Formation Adria des 21 et 22 mars 2001 à Nantes.

Doublier, J.- L., Llamas, G., Meur, M. 1987 A rheological investigation of cereal starch pastes and gels. Effect of pasting procedures. *Carbohydr. Polym.* 7, 251–275.

Dumont, R. (1995). Utilisation des ignames (*Dioscorea* sp.) pour la production de cossettes ou de farine destinée au commerce. Situation actuelle et perspectives. Rapport, CIRAD/IITA, Cotonou, République du Bénin, 7 p.

Liste des références bibliographiques

Durrani C.M., Donald A.M. 1995. Physical characterization of amylopectin gels. *Polymer Gels and Network* 3(1): 1-27.

Dury S. 2001. Consumption of cassava derived products in southern cities in Cameroon. CIRAD/IITA. Document de travail.

(E)

Encyclopædia Britannica, inc. (2017). List of plants in the family Apiaceae. Retrieved June 6, 2017, from <https://www.britannica.com/topic/list-of-plants-in-the-family-Apiaceae2038061>

EVANS, F.J.; SCHMIDT, R.J., *Planta med.*, Plants and plant products that induce contact dermatitis, (38), 1980, 289-316.

(F)

Famurewa JAV, Oluwamukomi MO, Alaba JO. 2013. Effect of different drying methods on the physicochemical characteristics of cassava flour (“pupuru”). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(2): 832-839. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i2.38>

FAO (Food and Agriculture Organization). 2000. Défendre la cause du manioc. FAO. <http://www.fao.org/nouvelle/2000/000405-f.htm>

FAO (Food and Agriculture Organization). 2015. FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/>, consulté le 25/10/2014.

Feuillet. Pierre. , 2000. le grain de blé, composition et utilisation, Editions QUAE, P,308.

Findinier, J., 2015.La génétique formelle : un outil puissant pour la dissection de la dégradation de l’amidon chez *Chlamydomonas reinhardtii*. Thèse de doctorat en aspect moléculaires et cellulaire de la biologie. Université Lille 1, France.P.20.

Finney P.L., Kinney J.E., Donelson J.R., 1988. Prediction of damaged starch in straightgrade flour by near-infrared reflectance analysis of whole ground wheat. *Cereal Chem.*, 65, 449-452.

Fleuriet A., Jay-Allemand C., Macheix J.J., 2005. Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universitaires romandes pp 121-216.

Liste des références bibliographiques

Fu Z, Chen J, Luo SJ, Liu CM, Liu W. 2015. Effect of food additives on starch retrogradation: a review. *Starch/Starke* 67:69–78 *Food Chem* 71:9–36.

Fuentes C., Kang I., Lee J. Song D., Sjöo, Choi J., Lee S., Nilsson L. 2019. Fractionation and characterization of starch granules using field-flow (FFF) and differential scanning calorimetry (DSC). *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 411: 3665-3674.

Furnari, G., Guglielmo, A., Longhitano, N., Pavone, P., Salmeri, C., & Scelsi, F. (2017). Tabla de Botánica Sistemática. Retrieved June 7, 2017, from <http://www.dipot.unict.it/sistematica - es/Index.html>

(G)

Gallant, Bouchet and Baldwin (1997). "Microscopy of starch: Evidence of a new level of granule organization." *Carbohydrate Polymers* 32: 177-191.

Global Biodiversity Information Facility. (2017a). Apiaceae.

(H)

HAKKI I. B., WILLIAMS P.C. & KÖKSEL H., (2004). A rapid method for the estimation of damaged starch in wheat flours. *Journal of Cereal Science*. 39: 139-145.

Halal, S.L.M.E., Colussi, R., Pinto, V.Z., Bartz, J., Radunz, M., Carreño, N.L.V., Dias, A.R.G. & Zavareze, E.D.R (2015). « Structure, morphology and functionality of acetylated and oxidised barley starches », *Food Chemistry*, vol. 168, 247-256.

Hasjim, J., Li, E., & Dhital, S. (2012). Milling of rice grains: The roles of starch structures in the solubility and swelling properties of rice flour. *Starch – Stärke*, 64(8), 631–645. <https://doi.org/10.1002/star.201100204>.

Hennebelle T. ; 2006. Investigation chimique et chimiotaxonomique et pharmacologique de Lamiales productrices d'antioxydants. *Marrubium peregrinum*, *Ballota larendana*, *Ballota Pseudodictamnus* (Lamiacées) et *Lippia alba* (Verbénacées). Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat Chimie Organique et Macromoléculaire. Université des Sciences et Technologique de Lille, Lille 1. Ecole Doctorale Sciences de la Matière du rayonnement et de l'Environnement. France.

Liste des références bibliographiques

HEYWOOD, V.H., The Biology and chemistry of the Umbelliferae, Academic Press. London, 1971.

HORSENEY R.C., (1994). Dry milling of cereal, principle of cereal science and technology, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA, PP. 125-145.

Hounhouigan, D. J. & Akissoe, H. N. (1997). Diagnostic des systèmes techniques de transformation de l'igname en cossettes séchées au Bénin. In L'igname, Plante Séculaire et Culture d'Avenir. Actes du Séminaire International, CiradInra-Orstom-Coraf, Montpellier Cirad, Montpellier; Berthaud, J. Bricas, N., Marchand, J.-L., Eds. pp 349-351.

HUBER, H. (1992): Okologische Untersuchungen an Bunium bulbocastanum L. Diplomarbeit Universität Salzburg. pp.114.

(I)

Ignat I, Volf I, Popa V I (2011) A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables, Food Chemistry, 126, 1821-1835.

IRAD. 2013. Diffusion des Nouvelles Technologies Agricoles en Afrique DONATA (Composante II de PSTAD). IRAD (Institut de la Recherche Agronomique pour le Développement) Cameroun, Rapport annuel d'activités 2013 : Yaoundé.

Iswar Hazarika, Anju Das. Anticancer and Antioxidant Property of Bunium Bulbocastanum Fruits Various Fractions. Research & Reviews: A Journal of Pharmacognosy. 2016; 3(1): 9–13p.

(J)

Jenkins and Donald (1995). "The influence of amylose on starch granule structure." International Journal of Biological Macromolecules 17(6): 315-321.

(K)

Karim AA, Norziah MH, Seow CC. 2000. Methods for the study of starch retrogradation.

Keita, N. (2002). Paper 13: Root and tuber crops: Concepts and methods recommended by FAO and operational issues. Proceedings of the Expert Consultation on Root Crop Statistics - Volume I: Report. Harare, Zimbabwe: FAO. 5. <http://www.fao.org/3/y9421e/y9421e00.htm>.

Liste des références bibliographiques

Kertz, R. J., Prud'homme, R. K. & Grassley, W. W. 1988 Rheology of concentrated microgel solutions. *Rheologica Acta*. 27, 531–539.

Koko CA, Kouame BK, Assidjo E, Amani G. 2014. Characterization and utilization of fermented cassava flour in breadmaking and placali preparation. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(6): 2478- 2493. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i6.11>

Ksouri R et al. Medicinal halophytes: potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications. *Crit Rev Biotechnol* **2012**; 32(4): 289-326.

(L)

Laurent, S., 2018. Dissection génétique du déterminisme de la granulométrie de l'amidon chez *Chlamydomonas reinhardtii*. Thèse de doctorat en aspect moléculaire et cellulaire de la biologie. Université de Lille, France. P.10.

Lawal, O.S., Adebawale, K.O., Ogunsanwo, B.M., Barba, L.L. & Ilo, N.S. (2005). « Oxidized and acid thinned starch derivatives of hybrid maize : Functional characteristics, wide-angle X-ray diffractometry and thermal properties », *International journal of biological macromolecules*, vol.35, no. 1-2, 71-79.

Lebot V. 2009. *Tropical Roots and Tuber Crops: Cassava, Sweet Potato, Yams and Aroids.* CAB International: Oxford.

Lee BH, Bello-Perez LA, Lin AHM, Kim CY, Hamaker BR. 2013. Importance of location of digestion and colonic fermentation of starch related to its quality. *Cereal Chem* 90:335–43.

Lefahal M., Zaabat N., Djarri L., Benahmed M., Medjroubi K., Laouer H., Akkal S. 2017. Evaluation of the antioxidant activity of extracts and flavonoids obtained from *Bunium alpinum* Waldst. & Kit. (Apiaceae) and *Tamarix gallica* L. (Tamaricaceae). *Pharmacy and Medical Sciences* 30 : 5-9.

Lefahal Mostefa; Etude phytochimique, biologique et activité anticorrosion de trois plantes médicinales Algériennes appartenant aux familles Plumbaginaceae, Tamaricaceae et Apiaceae ; **2014**; Université de Constantine 1; (P : 02).

Legrand, G. (2015). Contribution à la caractérisation du métabolisme des acides chlorogéniques chez la chicorée: approches biochimique et moléculaire. Lille 1, France.

Liste des références bibliographiques

Leopoldini, M., Russo, N., & Toscano, M. (2011). The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 125(2), 288-306.

Li, Gultinan and Thompson (2006). "The Use of Laser Differential Interference Contrast Microscopy for the Characterization of Starch Granule Ring Structure." *Starch* 58(1): 1-5.

Libra M.A, Gonnety J.T., Ahi A.P Dabonné S. Ahipo E.D., Kouamé L.P. 2011. Physiochemical changes in bulbils of two cultivars of *Dioscorea bulbifera* during the ripening period. *Advance Journal of Food Science and Technology* 3(5): 327-331.

Lindeboom N., Chang P.R., Tyler R.T. 2004. Analytical, biochemical and physicochemical aspect of starch granule size, with emphasis on small granule starches. A review. *Starch* 56(3-4): 89-99.

Lochab, B., Shukla, S., & Varma, I. K. (2014). Naturally occurring phenolic sources: monomers and polymers. *Rsc Advances*, 4(42), 21712-21752.

(M)

Maldonado Alvarado P.D.(2014). Facteurs déterminants du pouvoir de panification de l'amidon de manioc modifié par fermentation et irradiation UV, thèse, université de Montpellier

Malmbergrand, A. G. & Theander, O. (1985). Determination of chlorogenic acid in potato tubers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 33, 549-551.

Manner, H. I. & Taylor, M. (2010). Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Taro (*Colocasia esculenta*). In: Elevitch, C.R. (ed.). *Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry*. Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, Hawai'i. <http://agroforestry.net/scps>.

MEDCALF D., GILLES K., 1.965. Determination of starch damage by rate of iodine absorption. *Cereol Chem.*, 42, 546-557

MEDJDOUB, H. (2013). Contribution à la recherche d'éventuelles activités biologiques de *Zygophyllum geslini* Coss. (Thèse de biologie), Université ABOU BEKR BELKAID, Retrieved from <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/2246>

Liste des références bibliographiques

MEUSEL, H., JAGER, E., RAUSCHERT, S., & WEINERT, E. (1978, eds.): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. G. Fischer Verlag, Jena.

Morikawa, K. & Nishinari, K. 2002 Effects of granule size and size distribution on rheological behaviour of chemically modified potato starch. *Journal of Food Science*. 67, 1388–1392.

(N)

Nip, W. K. (1997). Taro: in *Processing Vegetables, Science and Technology*. Eds D.S. Smith, J.N. Cash, W.K. Nip & Y.H. Hui. Technomic Publishing CO., Inc, Pennsylvania, USA. pp 355-387.

Nip, W. K., Vargo, D. & Whitaker, C. S. (1997). “Application of taro flour in cookie Formulation”. *International Journal of Food Science and Technology*, 29, 463-463.

(O)

Okechukwu, P. E. & Rao, M. A. 1995 Influence of granule size on viscosity of corn starch suspension. *Journal of Texture Studies*. 26, 501–516.

Olle, M.; Bender, I., Agron. Res., The content of oils in umbelliferous crops and its formation, (8), (Special Issue III), **2010**, 687–696.

Onayemi, O. (1986). Some chemical factors affecting the quality of processed yam. *Journal of Food Science*, 51, 161-164.

Onwueme, I. C. (1978). The tropical tuber crops. John Wiley & sons éd., Chichester, New-York, Brisbane, Toronto.

Oroian, M., et Escribe, I. (2015) Antioxydants : Characterization, natural source, extraction and analysis. *Food Res. Int.*, 74 (Supplement C), 10-36.

Osswald, P. (1995). Economie des racines et tubercules. Analyse dans les pays d’Afrique de l’Ouest et du Centre. Solagral, Paris, France.

Ouaouich, A., Osakwe, A. & Chimi, H. (2005). Guide du constructeur du séchoir hybride. Cas de Bouadel-Taounate-Maroc. Organisation des Nations unies pour le Développement Industriel, 26 pages.

Liste des références bibliographiques

(P)

Pal, J., Singhal, R.S. & Kulkarni, P.R. (2002). « Physicochemical properties of hydroxypropyl derivative from corn and amaranth starch », *Carbohydrate Polymers*, vol. 48, no. 1, 49-53.

Parada, J., & Aguilera J., M. (2012). Effect of native crystalline structure of isolated potato starch on gelatinization behavior and consequently on glycemic response. *Food research international*, 45, 238-243.

Paraskevi, Moutsatsou.(2007).The spectrum of phytoestrogens in nature : our knowledge is expanding. *Hormones*, 6 (3) : 173-193.

Pérez S., Bertoff E. 2010. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: A comprehensive review. *Starch/ Stärke* 62: 389-420.

Perez-Jimenez, J., Fezeu, L., Touvier, M., Arnault, N., Manach, C., Hercberg, S., Galan, P., and Scalbert, A. (2011). Dietary intake of 337 polyphenols in French adults. *American Journal of Clinical Nutrition* 93, 1220-1228.

Picard, T. (1987). Circuit de commercialisation de l'igname au Togo et étude de la demande pour un pilon mécanique. Montpellier, France.

PNDRT (Programme National de Développement des Racines et Tubercules). 2003. Analyse de la Demande et des Marchés et Propositions pour Améliorer l'Efficacité de la Commercialisation des Racines et Tubercules et Augmenter le Revenu des Producteurs. MINADER : Yaoundé.

(Q)

Qu, J. & He, L. (2013). « Synthesis and properties of silane-fluoroacrylate grafted starch », *Carbohydrate Polymers*, vol.98, no. 1, 1056-1064.

Quezel P. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques et Méridionales. Centre National de la Recherche Scientifique. Paris, pp. 678-690.

(R)

Liste des références bibliographiques

RANHOTRA G.S., GELROTH J.A. & EISENBRAUN G.R., (1993). Correlation between chopin and AACC method of determining damaged starch. *Cereal Chemistry* 70: 235- 236.

Raouf Bitam ; Inventaire des ressources medicinales et aromatiques dans la region de Djerma-Batna par la methode systématique ; **2012 ;** Université : El Hadj Lakhdar Batna.

Rochester, J.R. (2013) Bisphenol A and human health : Areview of the literature. *Reprod.Toxicol.*, 42, 132-155.

RODRIGUEZ, E.; TOWERS, G.H.N.; MITCHELL, J.C., Phytochemistry, Biological activities of sesquiterpene lactones, (15), **1976**, 1573-1580.

ROMAIN J., THOMAS C., PIERRE S., GERARD B., (2007). Science des aliments : biochimie-microbiologie-procédés-produits. Lavoisier, Paris,p 449.

Rosiario, R. R., & Malit, P. B. (1984). Improved ubi (*Dioscorea alata* L.) flour preparation and its utilization for instant halaya. *The Philippine Agriculturist*, 67, 177-182.

Rozis, J. F. (1995). Sécher les produits alimentaires. Techniques, procédés, équipements. Collection le point sur. Editions GRET, CTA., GERES.FAO. Paris, France, 344 p.

(S)

Šaponjac V T, Canadanovic-Brunet J, Cetkovic G, Djilas S (2016) Chapter 6: Detection of Bioactive Compounds in Plants and Food Products. In: Nedovic, Emerging and Traditional Technologies for Safe, Healthy and Quality Food. Food Engineering Series. Springer International Publishing, Switzerland.

Seguchi M., Kanenaga K. 1997. Study of three-dimensional structure of wheat starch granules stained with Remazolobriillant Blue R dyed and extracted with aqueous sodium dodecyl sulphate and mercaptoethanol. *Cereal Chemistry* 72(6): 602-608.

Serge Karivobok ; Les plantes de la famille des Apiacées dans les troubles digestifs ; **2012 ;** Université de : Joseph Fourier.

Singh N., Kaur L. 2004. Morphological, thermal, rheological and retrogradation properties of potato starch fractions varying in granule size. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84(10):1241-1252.

Liste des références bibliographiques

Singh, M., Kaur, M., & Silakari, O. (2014). Flavones: An important scaffold for medicinal chemistry. *European journal of medicinal chemistry*, 84, 206-239.

SINTES PROS, J., Curate, con las plantas medicinales, Sintés S.A, 2e Edición. Barcelona, 1981.

Smith A.M. 2001. The biosynthesis of starch granules. *Biomacromolécules* 2(2): 335-341.

SOFOWARA, A., Plantes médicinales et médecine traditionnelle d’Afrique, Edition KARTHALA, 2010.

SPICHIGER, R.E.; SAVOLAINEN, V. V.; FIGEAT, M.; JEANMONOD, D., Botanique systématique des plantes à fleurs, 3ème éd., Presses polytechnique et universitaires romandes, Lausanne, 2004.

Srisuwan S, Sihachakr D & Siljak-Yakovlev S (2006). The origin and evolution of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) and its wild relatives through the cytogenetic approaches. *Plant Science* (171) 424 - 433.

Stöckigt J, Sheludko Y, Unger M, Gerasimenko I, Warzecha H, Stöckigt D (2002) High-performance liquid chromatographic, capillary electrophoretic and capillary electrophoretic-electrospray ionization mass spectrometric analysis of selected alkaloid groups, *Journal of chromatography A*, 967, 85-113.

Streb S., Eick S., Zeeman S.C. (2012). The Simultaneous Abolition of Three Starch Hydrolases Blocks Transient Starch Breakdown in Arabidopsis. *J. Biol. Chem.* 287(50) : 41745-41756.

(T)

Taguchi, C., Fukushima, Y., Kishimoto, Y., Suzuki-Sugihara, N., Saita, E., Takahashi, Y., and Kondo, K. (2015). Estimated Dietary Polyphenol Intake and Major Food and Beverage Sources among Elderly Japanese. *Nutrients* 7, 10269–10281.

Tanque, H., Shimosono, H., & Sakoda, T. (1993). Characteristics of 3 species of yam (*Dioscorea*) for karukan making. *Journal of Japanese Society of Food Science and Technology*, 40, 627-635.

Liste des références bibliographiques

Tester R.F., Karkalas J., Qi X. 2004. Composition finestructure and architecture. *Journal of Cereal Science* 39(2):151-165.

Trèche, S., & Delpeuch, F. (1979). Evidence for the development of membrane thickening in the parenchyma of tubers of *Dioscorea dumetorum* during storage. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 288, 67- 70.

Trèche, S., Mbome Lape, I., & Agbor-Egbe, T. (1984). Variation de la valeur nutritionnelle au cours de la préparation de produits séchés à partir d'ignames cultivées au Cameroun (*Dioscorea dumetorum* et *D. rotundata*). *Revue Science et Technique (Sci. Santé)*, 1(1-2), 7-22.

Tricoche B, David-Benz H, Song J-E. 2008. L'organisation de la filière manioc au Cameroun: des modes de coordination pour régir les incertitudes de marché. Atelier REPARAC, Juin 2008, Yaoundé, Cameroun; pp. 13.

(V)

Vamadevan and Bertoft (2015). "Structure-function relationships of starch components." *Starch* 67: 55- 68.

Vincenzo Lattanzio. (2013) Phenolic Compounds: Introduction in K.G. Ramawat, J.M. Merillon (eds.), *Natural Products*, DOI 10.1007/978-3-642-22144-6_57, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

(W)

Wang SJ, Copeland L. 2013. Molecular disassembly of starch granules during gelatinization and its effect on starch digestibility: a review. *Food Function* 4:1564–80.

Ward, C. D. W., Resurreccion, A. V. A. & McWatters, K. H. (1995). A systematic approach to prediction of snack chip acceptability utilizing discriminant functions based on instrumental measurements. *Journal of Sensory Study*, 10, 181-201.

WHO, (World Health Organization) Geneva, *Traditional Medicine Strategy 2002* http://www.wpro.who.int/health_technology/book_who_traditional_medicine_strategy_2002_2005.pdf

Liste des références bibliographiques

WILLIAMS, C.A.; HARBORNE, J. B., Phytochemistry, Essential oils in the spiny-fruited umbelliferae, (11), 1972, 1981-1987.

(Y)

Yu, J., Ahmedna, M., et Bansode, R.R. (2014) Agricultural by-products as important food sources of polyphenols, Nova Science Publishers, Inc.

(Z)

Zeghad Nadia ; Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne ; Le : 2008 – 2009 ; Université Mentouri Constantine ; (P : 01-02-03)

Zhang GY, Hamaker BR. 2009. Slowly digestible starch: concept, mechanism, and proposed extended glycemic index. *Crit Rev Food Sci* 49:852–67.

Annexe 1 :

ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/325083116>

Anticancer and Antioxidant Property of Bunium bulbocastanum Fruits Various Fractions

Research · January 2016

CITATIONS

0

READS

34

2 authors, including:



Iswar Hazarika

College of Pharmaceutical Science, Dayananda Sagar University, Bangalore, India

25 PUBLICATIONS 2 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



neuroprotective activity [View project](#)



A chronological review on preclinical and clinical evaluation of antimicrobial sutures [View project](#)

All content following this page was uploaded by [Iswar Hazarika](#) on 11 May 2018.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Anticancer and Antioxidant Property of *Bunium bulbocastanum* Fruits Various Fractions

Iswar Hazarika^{1*}, Anju Das²

¹Department of Pharmacology, T John College of Pharmacy, Gottigere, Bannerghatta Road, Bangalore, Karnataka, India

²Department of Pharmacology, The Oxford College of Pharmacy, Hongasandra, Bangalore, Karnataka, India

Abstract

Bunium bulbocastanum (family Apiaceae) fruits are normally used as a culinary spice for years. Since antioxidant property has a significant role in preventing oxidative stress, which has been demonstrated to be a major cause in the pathogenesis of cancer, the present study was aimed to evaluate the *in vitro* antioxidant and cytotoxic effect of *Bunium bulbocastanum* fruit extracts. Standard *in vitro* antioxidant assays such as reducing power, super oxide scavenging, nitric oxide scavenging and lipid peroxidation were performed. Anticancer activity was demonstrated using MTT assay on human cell lines. Our results indicated that extract of ethyl acetate has more antioxidation potential than the standard (ascorbic acid). Ethyl acetate, aqueous, crude methanolic, n-hexane and chloroform fractions had 31.24, 26.07, 20.67, 15.51 and 5.72% antioxidation potential at 0.5 mg/ml respectively. Moreover, in the screening of anticancer activity MTT assay revealed the potency of ethyl acetate fraction as better anticancer agent concluding the anticancer activity is due to its antioxidant property.

Keywords: Anticancer, antioxidant, *Bunium bulbocastanum*

***Author for Correspondence** E-mail: iswarhazarika@gmail.com

INTRODUCTION

Oxidative stress has destructive effect in our body by damaging proteins, nucleic acid and lipids that leads to the pathogenesis of cancer [1]. This oxidative stress is due to the over production of free radicals, which are generated because of both endogenous and exogenous sources. Endogenous include respiratory chain and oxidative enzymes while exogenous include smoking and other air pollutants [2]. Since, the therapeutic effects of several medicinal plants are attributed to its antioxidant phytoconstituents, antioxidant properties are one of the most important claims for food ingredients, dietary supplements, cosmetics and anticancer natural products [3]. Researchers suggest an inverse relationship between the occurrence of disease and the intake of dietary antioxidant rich foods. [4]. Plant based antioxidants are preferred to the synthetic based medicines because of multiple mechanisms of actions and least toxic nature [5, 6]. It has been suggested that more than 50% of drugs in the present clinical trials studies are plant products

with a reported antioxidant property. *Bunium bulbocastanum* commonly known as *kala jeera* (Black cumin) belongs to the family Apiaceae. Its fruit has been used for edible purpose for years and are used either in raw or cooked form to enhance flavor [7]. *Bunium bulbocastanum* exhibits antioxidant property related to its antidiabetic property, is well understood [8]. In view of the above findings, an attempt was made to explore the antioxidant and anticancer activity of *Bunium bulbocastanum* fruit.

MATERIALS AND METHODS

Plant Material

Fruits of *B. bulbocastanum* plants were collected from Kashmir in the month of July, 2015. The sample was authenticated by renowned botanist in the research and development laboratory of Natural Remedies Pvt. Ltd. Bangalore of Karnataka State, India, by comparing the sample with authentic sample. A voucher specimen with batch number CP/412 has been preserved at the laboratory for further reference.

Extraction

The *B. bulbocastanum* fruits were shade dried and were made into powder by chopping and grounding. The powdered materials were soaked in methanol for 15 days at room temperature twice. Filtrates were combined each time the filtrate was filtered and concentrated using rotatory evaporator at 40°C to crude methanolic extracts.

Fractionation

The crude methanolic extract of *B. bulbocastanum* fruits (137 g) was suspended in 350 ml distilled water. For further fractionation, the suspension was partitioned with n-hexane (3×500 ml), chloroform (3×500 ml) and ethyl acetate (3×500 ml), respectively, to yield the n-hexane (45 g), chloroform (30 g), ethyl acetate (16 g) and aqueous (37 g) fractions. All the fractions contain particular compounds based on the solubility of these compounds from the crude extract.

Antioxidant Activity**Nitric Oxide Method [9]**

To perform the NO free radical scavenging assay a stock solutions of different test samples were prepared by dissolving 3 mg of the test samples in 1 ml of methanol. Different dilutions of test sample were made from the stock solution viz. 0.5, 0.25 and 0.125 mg/ml and in separate test tubes 1 ml of each dilution was introduced along with 1 ml of sodium nitroprusside to make the reaction mixture. This mixture was then incubated at 27°C for 90 min. After incubation 0.5 ml of the reaction mixture was added to 1 ml of sulphanilic acid and incubated for 5 min at 27°C. 1 ml of N-(1-Naphthyl) ethylene diamine dihydrochloride (0.1% in H₂O) is added to it and again incubated at 27°C for 30 min. Results were obtained by taking absorbance at 546 nm. Methanol was used as blank and ascorbic acid

(Vitamin C) was used as positive control respectively.

Percentage antioxidation potential was calculated by the formula:

$$\text{Percent inhibition} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100$$

Where, A₀ is absorbance of control reaction mixture without extract and A₁ is the absorbance of test samples.

Determination of Anticancer Activity- MTT Assay [10]

In this study, extracts were tested for their anticancer potency against human cancer cell lines HeLa, Hep 2, MCF 7 and NIH 3T3 mouse embryonic fibroblasts cells using MTT assay. For that, the cancer cells were seeded in 96-well plates at a density of 1×10⁴ cells/well in 100 µl RPMI media. The medium was removed after twenty-four hours of seeding and then the cells were incubated for 3 days with RPMI with the absence and/or the presence of various concentrations of *B. bulbocastanum* extracts. Extracts were added at various concentrations ranging from 62.5–1000 µg/ml. After incubation, 20 µl of MTT reagent was added into each well. These plates were incubated again at 37°C in CO₂ incubator for 4 h. The resulting MTT-products were determined by measuring the absorbance at 570 nm using ELISA reader. The cell viability was determined using the formula:

$$\text{Viability \%} = \frac{\text{optical density of sample}}{\text{optical density of control}} \times 100.$$

IC₅₀ values were calculated as the concentrations that show 50% inhibition of proliferation on any tested cell line.

RESULTS**NO Free Radical Scavenging Assay**

Ascorbic acid (Vitamin C) was used as the standard for determining the antioxidation potential of *B. bulbocastanum* fruits fractions at different concentrations.

Table 1: Percent Antioxidation Activity of *B. bulbocastanum* Fruits Fractions at 0.5, 0.25 and 0.125 mg/ml Concentrations.

Test Sample	Percent Antioxidation Activity		
	0.5 mg/ml	0.25 mg/ml	0.125 mg/ml
Ascorbic acid	25.60	25.38	23.44
Aqueous fraction	25.17	15.17	12.08
Chloroform fraction	4.82	4.34	3.68
Crude methanolic extract	19.77	16.48	10.94
Ethyl acetate fraction	30.34	23.99	20.76
n-hexane fraction	14.61	14.02	7.42

Table 1 shows the results obtained from NO scavenging assay. It can be seen from the Table 1 that among the different fractions of *B. bulbocastanum*, ethyl acetate fraction had a potent antioxidation (30.34%) at 0.5 mg/ml concentration which even exceeds the antioxidation potential of the standard (25.60%).

Aqueous fraction at 0.5 mg/ml concentration also showed significant antioxidation potential of 26.07%. The rest of the three fractions however had a lower antioxidation activity from the standard at all the concentration.

Determination of Anticancer Activity: MTT Assay

The results of anticancer potency of *B. bulbocastanum* fruits fractions against human cancer cell lines viz. HeLa, Hep 2, MCF 7 and NIH 3T3 mouse embryonic fibroblasts cells using MTT assay are given in Table 2. Table shows that the ethyl acetate fraction and aqueous fraction had a potent anticancer activity against HeLa, Hep2 and MCF7 cell lines but none of the fractions showed cytotoxic effect for NIH 3T3 cell lines. However, other fractions had no cytotoxic effect.

Table 2: Cytotoxic Effect (IC_{50}) of *B. bulbocastanum* Fruits Fractions in Human Cell Lines.

Test Sample	HeLa ($\mu\text{g/ml}$)	Hep2 ($\mu\text{g/ml}$)	MCF7 ($\mu\text{g/ml}$)	NIH 3T3 ($\mu\text{g/ml}$)
Aqueous fraction	368.75 \pm 0.78	314.65 \pm 0.45	321.75 \pm 0.34	>1000
Chloroform fraction	>1000	>1000	>1000	>1000
Crude methanolic extract	>1000	>1000	>1000	>1000
Ethyl acetate fraction	257.19 \pm 0.62	218.70 \pm 0.45	221.06 \pm 0.67	>1000
n-hexane fraction	>1000	>1000	>1000	>1000

HeLa: Human Cervical Cancer Cell Line; Hep2: Human Laryngeal Epithelial Carcinoma Cells; MCF7: Breast Cancer; NIH 3T3: Mouse Embryonic Fibroblasts.

DISCUSSION

The present study was designed to provide comparative data on the *in vitro* antioxidant and cytotoxicity study of different extracts of *B. bulbocastanum* fruits fractions against human cancer cell lines viz. HeLa, Hep 2, MCF 7 and NIH 3T3 Mouse embryonic fibroblasts cells.

Antioxidants protect the cell constituents against oxidative damage and hence decrease the risk of various degenerative diseases associated to oxidative stress [11]. Our result for the NO free radical scavenging assay suggest that percent antioxidation potential increases as the concentration of test samples increases, indicating concentration dependence of antioxidation ability in both the test samples and standard. The investigation suggests that all fractions of *B. bulbocastanum* had antioxidation potential with an encouraging finding of percent antioxidation inhibition of 31.24 and 26.07% at 0.5 mg/ml for ethyl acetate fraction and aqueous fraction. However in particular the ethyl acetate fraction has antioxidation ability of 30.34% as compared to the standard (Ascorbic acid) value of 25.60%

represents its possible therapeutic use as antioxidant. Nitric oxide (NO) itself is a radical and it is reported that nitric oxide molecules are directly scavenged by antioxidants [12]. When antioxidants are used, free radicals are scavenged and therefore can no longer react with nitric oxide, resulting in less damage [13].

The results in Table 2 suggest that ethyl acetate fraction and aqueous fraction showed a potent IC_{50} value for all tested cell lines except NIH 3T3 normal cell lines (IC_{50} >1000 $\mu\text{g/ml}$) whereas the other fractions did not produce any significant effect. Thereby this study suggests that the anticancer activity of *B. bulbocastanum* fruits fraction may be related to its antioxidant property. All the reactive oxygen species can damage DNA and cell divisions leading to mutations with unrepaired or mis-repaired damage. If these changes appear crucially in critical genes, such as oncogenes or tumor suppressor genes, they may result in initiation or progression of cancer. Reactive oxygen species (ROS) can interfere directly with cell signaling and growth. The cellular damage caused by

reactive oxygen species can induce mitosis, increasing the risk that damaged DNA will lead to mutations, and can increase the exposure of DNA to mutagens [14].

CONCLUSION

From the investigation we are able to conclude that ethyl acetate and aqueous fraction of *B. bulbocastanum* fruit has a noteworthy antioxidant and anticancer activity. Although, the components responsible for the activity are uncertain; further investigation are required to isolate the pure constituents and to understand their mechanism.

REFERENCES

- Rahimi R, Nikfar S, Larijani B, *et al.* A Review on the Role of Antioxidants in the Management of Diabetes and its Complications. *Biomed Pharmacother.* 2005; 59: 365–373p.
- Young IS, Woodside JV. Antioxidants in Health and Disease. *J Clin Pathol.* 2001; 54: 176–186p.
- Cherdshewasarta W, Sutjit W. Correlation of Antioxidant Activity and Major Isoflavonoid Contents of the Phytoestrogen-Rich *Puerariamirifica* and *Puerarialobata* Tubers. *Phytomedicine.* 2008; 15: 38–43p.
- Yildirim A, Oktay M, Bilaloglu V. The Antioxidant Activity of Leaves of *Cydonia vulgaris*. *Turk J Med Sci.* 2001; 31: 23–27p.
- Akinmoladun AC, Ibukun EO, Afor E, *et al.* Chemical Constituents and Antioxidant Activity of *Alstoniaboonei*. *Afr J Biotechnol.* 2007; 6: 1197–1201p.
- Arun KP, Brindha P. Studies on Antioxidant and Antiarthritic Potentials of *Jatropha tanjorensis* Ellis and Saroja. *Int J Pharm Pharm Sci.* 2012; 4(Supp 2): 136–138p.
- Clapham, Tootin, Warburg. *Flora of the British Isles.* UK: Cambridge University Press; 1962.
- Ahmad H, Khan I, Nisar W. Antioxidation and Antiglycation Properties of *Bunium bulbocastanum* Fruits Various Fractions and its Possible Role in Reducing Diabetes Complication and Ageing. *Vitam Miner.* 2014; 3: 118p.
- Ebrahimzadeh MA, Nabavi SF, Nabavi SM. Antioxidant Activities of Methanol Extract of *Sambucusebulus* L. Flower. *Pak J Biol Sci.* 2009; 12: 447–450p.
- Francis D, Rita L. Rapid Colorimetric Assay for Cell Growth and Survival Modifications to the Tetrazolium Dye Procedure giving Improved Sensitivity and Reliability. *J Immunol Methods.* 1986; 89: 271–277p.
- Davide Grassi, Giovambattista Desideri, Claudio Ferri. Flavonoids: Antioxidants against Atherosclerosis. *Nutrients.* 2010; 2: 889–902p. doi:10.3390/nu2080889
- Van Acker SA, Tromp MN, Haenen GR, *et al.* Flavonoids as Scavengers of Nitric Oxide Radical. *Biochem Biophys Res Commun.* 1995; 214: 755–759p.
- Shutenko Z, Henry Y, Pinard E, *et al.* Influence of the Antioxidant Quercetin *in vivo* on the Level of Nitric Oxide Determined by Electron Paramagnetic Resonance in Rat Brain during Global Ischemia and Reperfusion. *Biochem Pharmacol.* 1999; 57: 199–208p.
- Nijveldt Robert J, Els van Nood, Danny EC van Hoorn, *et al.* Flavonoids: A Review of Probable Mechanisms of Action and Potential Applications. *Am J Clin Nutr.* 2001; 74: 418–425p.

Cite this Article

Iswar Hazarika, Anju Das. Anticancer and Antioxidant Property of *Bunium Bulbocastanum* Fruits Various Fractions. *Research & Reviews: A Journal of Pharmacognosy.* 2016; 3(1): 9–13p.

Annexe 2 :

TROPICULTURA, 2016, 34,2, 180-185

Evaluation sensorielle du couscous de farine de manioc (*Manihot esculenta*, Crantz) substituée par celle de patate douce (*Ipomoea batatas*, Lam)A.M. Njoya^{1*}, C.W. Nain¹, S.D. Mendi¹ & H. Imele¹**Keywords:** Fufu- Cassava flour- Sweet potato flour- Sensory evaluation- Cameroon**Résumé**

Une évaluation sensorielle du couscous de farine de manioc (*Manihot esculenta*, Crantz) substituée à celle de patate douce (*Ipomoea batatas*, Lam) a été conduite au Laboratoire de Technologie Alimentaire et Post – Récolte de l'IRAD à Bambui au Cameroun. Pour la préparation du couscous, la farine de manioc a été substituée à 0%, 20%, 40% et 50% par la farine de patate douce (FP) soit respectivement pour les échantillons F0, F1, F2 et F3. Un panel de 30 personnes a procédé à l'évaluation des paramètres goût, odeur, couleur et texture tout en indiquant leur préférence. Il se dégage de cette étude que l'odeur du couscous n'est pas affectée par la substitution de la farine de manioc par celle de patate douce. Cependant l'échantillon à 20% de FP a présenté une texture et une couleur comparables ($p > 0,05$) au témoin (échantillon à 0% de FP). C'était également celui qui avait le meilleur goût ($p < 0,05$) ainsi que la préférence des panélistes. Il s'avère donc qu'une augmentation de la proportion de farine de patate douce influence négativement la couleur, la texture, le goût et d'une manière générale l'acceptabilité du couscous de manioc.

Summary**Consumer Acceptance of Cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) flour's fufu substituted by Sweet Potato (*Ipomoea batatas*, Lam) Flour**

This study investigated the consumer acceptance of fufu made by substituting cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) flour with sweet potato (*Ipomoea batatas*, Lam) flour at the Food Technology and Post-harvest laboratory of IRAD in Bambui, Cameroon. Four samples of Fufu flour samples F0, F1, F2 and F3 obtained by substituting cassava flour with 0%, 20%, 40% and 50% potato flour respectively were compared. A panel of 30 persons (habitual consumers of Cassava fufu flour) carried out a sensory evaluation of the four samples and gave their level of appreciation with regards to taste, aroma, colour, and texture. The study showed that, the substitution of cassava flour with sweet potato flour had no effect on the aroma of the fufu. The sample containing 20% of sweet potato flour (F1) showed no significant difference in texture and aroma compared ($p > 0.05$) to the control (F0). It was also considered as having the best taste ($p < 0.05$) and was the sample preferred by the panelists. In conclusion, an increase in the proportion of sweet potato flour in the cassava flour had a negative influence on the colour, texture, taste and on the acceptance of the fufu.

¹Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Laboratoire de Technologie Alimentaire et Post -Récolte Bambui, Bamenda, Cameroun.

*Auteur correspondant: Email: njoya_amadou@yahoo.fr

Reçu le 26.06.14 et accepté pour la publication le 30.10.15

Introduction

La patate douce (*Ipomoea batatas*, Lam) est l'une des cultures majeures dans le monde aux côtés du riz, du maïs et du blé. Elle se développe sous diverses conditions climatiques et sur des sols peu fertiles (6, 20, 21) bien qu'étant une plante tropicale (5). En outre du fait de son cycle de développement court d'une part et, de son abondance et de son coût bon marché (20) d'autre part comparé à d'autres tubercules, elle constitue un aliment potentiel pour des populations aux ressources limitées. En fait, elle représente une culture importante en zones tropicale et subtropicale et, l'augmentation de sa production et de sa consommation constitue cependant un avantage nutritionnel pour les habitants de ces régions (21). La patate douce est riche en glucides (amidon principalement), vitamines (thiamine, riboflavine, acide ascorbique) et minéraux (21). Par ailleurs, elle constitue une source de caroténoïdes qui sont des précurseurs de la vitamine A (2) notamment les variétés jaune et orange. La variété orange fournissant des quantités durables de vitamine A (8). La consommation de 130 g de patate douce fournit 32% de la demande journalière minimum en Vit A; 70% de la Vit C et des quantités appréciables de thiamine, riboflavine, niacine, phosphore, fer et calcium (21). Des études menées sur 10 variétés de patate douce ont révélé une activité amylolytique variant de 0,26–0,57 mg/ml/min et des teneurs respectives en amidon, sucre total, et sucrose de l'ordre de 68,4–73,9%; 9,31– 6,1% et 5,79–14,42% de matière sèche (7). Cette forte activité amylolytique résulterait de la présence des enzymes amylolytiques endogènes notamment l' α - amylase, la β - amylase et l'amidon phosphorylase (4). Ces enzymes étant importantes pour l'hydrolyse de l'amidon en sucres simples lors de la cuisson et de la transformation.

La patate douce peut être utilisée dans l'alimentation humaine et animale et, son amidon constitue une source de matière première dans l'industrie (15). En Chine, 60% de la production de patate douce est utilisée pour l'alimentation ou transformée en amidon (19).

En Asie et dans les îles du Pacifique, la patate douce sert à l'extraction de l'amidon, la fabrication des spaghettis, la production d'alcool et sirops (glucose et fructose), etc. En Afrique, au sud du Sahara, elle est consommée directement dans la plus part des cas du fait d'un déficit technologique approprié quant au développement des produits dérivés (17). Au Cameroun, la patate douce est utilisée beaucoup plus comme aliment sous forme cuite à la vapeur ou bouillie, de chips (frits ou séchés) ou grillée. En sa qualité de denrée périssable, du fait d'une forte teneur en eau soit 61–71% (17), l'excès peut être transformé en divers produits parmi lesquels la farine (11).

La farine, produit déshydraté est un moyen de conservation du fait de la réduction de l'activité microbienne. Celle de la patate douce est une source d'énergie, de minéraux (Ca, P, Fe, K) et de provitamines A notamment le β - carotène converti en totalité en vitamine A (18, 21). Elle a des teneurs en amidon, sucre total, cendres et protéines de l'ordre de 74,5; 11,4; 1,56 et 2,3% de matière sèche respectivement et est riche en fibres (13). En outre elle se caractérise par une forte digestibilité et un taux d'amidon non résistant élevé (1).

La farine de patate douce est utilisée en boulangerie et pâtisserie pour la fabrication des pains et gâteaux comme supplément de la farine de blé; ce qui réduirait leur coût sur le marché. Cette association conduirait à l'amélioration de la valeur nutritive de ces produits notamment en fibres et caroténoïdes d'une part et à la protection de l'organisme contre les effets néfastes du gluten (protéines majeure du blé) d'autre part (16). De part sa teneur élevée en fibres, elle est importante dans divers produits alimentaires (13); les fibres facilitant le transit gastro-intestinal et protégeant l'organisme de l'hyperlipidémie et de l'hypercholestérolémie. La farine de patate douce est un ingrédient intéressant pour la préparation des croquettes de poisson à base d'amidon de manioc (tapioca) (9).

Au Cameroun, sa production est faible en milieu rural et sa consommation ne rentrant pas dans les habitudes alimentaires.

Au regard de son potentiel nutritionnel, son introduction dans l'alimentation comme substituant des farines traditionnelles (farine de manioc, farine de maïs, etc.) ne saurait que contribuer au bien être des populations.

De nos jours très peu d'études ont été menées quant à la substitution de la farine de manioc (*Manihot esculenta*, Crantz) fermenté ou «kumkum» (appellation à l'Ouest Cameroun) par celle de patate douce pour la préparation du couscous; plat très apprécié dans plusieurs régions du Cameroun (Ouest, Est, Littoral). Le manioc étant considéré comme un tubercule à faible valeur nutritive, les populations se nourrissant régulièrement du couscous de manioc sont exposées au problème de malnutrition dû à une déficience en protéines, vitamines et minéraux. La farine de manioc a des teneurs en protéines, fibres, graisse et cendres de 1,50%; 1,30%; 0,21% et 1,60% respectivement (12). Elle présente un taux de protéines et de glucides (essentiellement l'amidon) variant de 0,41-0,51% et 87-88% respectivement (10). En qualité de produit issu de la fermentation, elle est pauvre en protéines, macro et micro éléments et, développe une odeur caractéristique (3, 14). La substitution de la farine de manioc par celle de patate douce améliorerait son potentiel nutritif notamment par un apport en protéines, minéraux et caroténoïdes ou vitamine A (le manioc en étant dépourvu); réduirait le niveau d'acide cyanhydrique, substance toxique et présente dans la farine de manioc à des teneurs comprises entre 10 et 38 mg/kg selon le processus de traitement (10). Cette substitution permettrait ainsi à certaines populations de conserver leurs habitudes alimentaires au regard du coût élevé du manioc sur le marché et de sa rareté. En effet, au Cameroun la demande des produits dérivés du manioc (tapioca, bâtons, couscous frais, etc.) est importante et sa transformation à l'échelle industrielle envisagée.

Afin de contribuer à l'amélioration de la transformation de la patate notamment en milieu rural, nous procéderons dans ce travail à la production de la farine de patate et à l'évaluation sensorielle du couscous à base de farine mixte manioc/patate douce ainsi qu'à celle de son acceptabilité.

Matériel et Méthodes

Préparation des tubercules

Les tubercules de patate douce (variété jaune) et de manioc obtenues au marché de Bambui, région du Nord-Ouest Cameroun étaient soigneusement lavés à l'eau de robinet (potable) puis pelés et, les parties endommagées enlevées. Ils ont par la suite été découpés en tranche d'épaisseur de 2 à 3 millimètres.

Préparation de la farine de patate

Les tranches de patate préalablement lavées à l'eau potable étaient plongées dans une solution de chlorure de sodium (NaCl) 0,33% (g/v) contenant du jus de lemon (1,33%) à 45°C pendant 30 s. Par la suite, elles étaient séchées 7 heures par jour au soleil à 35-40°C pendant trois jours au moyen d'un séchoir artisanal et dans des conditions hygiéniques. Les chips de patate ainsi obtenues ont été écrasées au moulin et la poudre (farine) tamisée au moyen d'un tamis dont les mailles ont un diamètre de 200 µm puis conservée dans des sacs en plastique hermétiquement fermés et, conservée à température ambiante et à l'abri de la lumière.

Préparation de la farine de manioc

Les tranches de manioc préalablement lavées à l'eau potable étaient trempées dans de l'eau (1 l/kg). Après un jour de fermentation, elles étaient enlevées puis séchées 7 heures par jour au soleil à 35-40 °C pendant trois à quatre jours. Les tranches ainsi séchées ont été écrasées et, la poudre obtenue tamisée au moyen d'un tamis dont les mailles ont un diamètre de 200 µm puis conservée dans des sacs en plastique hermétiquement fermés et, conservée à température ambiante et à l'abri de la lumière.

Préparation du couscous

Nous avons procédé à quatre formulations (F0, F1, F2 et F3) de farine (Tableau 1) pour la préparation du couscous.

Dans une marmite en aluminium contenant 400 ml d'eau bouillante, la farine y était introduite et l'ensemble mélangé immédiatement au moyen d'un pilon en bois. Le mélange continuait à feu doux.

Tableau 1

Différentes formulations de farine pour la préparation du couscous.

Mélange	Echantillon			
	F0	F1	F2	F3
Farine de manioc (FM) en g	300	240	180	150
Farine de patate (FP) en g	0	60	120	150
Proportion du mélange (FM/FP)	100/00	80/20	60/40	50/50

Ensuite, 100 ml d'eau chaude et préalablement bouillie étaient ajoutés tout en poursuivant le mélange jusqu'à absorption complète d'eau et obtention d'une pâte homogène. La cuisson durait en moyenne 10 minutes.

Le couscous ainsi obtenu était emballé dans des feuilles de bananiers légèrement chauffées et conservé à chaud dans un thermos pour la dégustation.

Evaluation sensorielle

L'évaluation sensorielle du couscous s'est faite par un panel de 30 personnes choisies au hasard, non entraînées et par ailleurs consommateurs de couscous de manioc localement appelé « fufu » car faisant partir de leurs habitudes alimentaires. Il était constitué de chercheurs de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Bambui, étudiants et ménagères préalablement sensibilisées à cet effet. Un questionnaire leur était soumis et l'évaluation portait sur la couleur, l'odeur, la texture et le goût. Les échantillons codés leur étaient servis chauds à 70-75°C et simultanément. Pour chaque paramètre, l'évaluation s'est faite selon une échelle hédonique de 5 points comportant: Excellent=5; Très bien=4; Bien= 3; passable=2 et Mauvais=1.

Il était également demandé à chaque membre du panel d'indiquer sa préférence (choix) parmi les différents échantillons de couscous et d'indiquer au moyen d'un commentaire des observations éventuelles en rapport avec la qualité sensorielle. Ces travaux se sont déroulés au Laboratoire de Technologie Alimentaire et Post-Récolte du Centre Régional de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Bambui de juillet à août 2012 et ont fait l'objet de trois répétitions.

Analyse statistique

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de moyenne plus ou moins écart-type. Ils ont fait l'objet d'une analyse de variance et les moyennes ont été séparées grâce au test de Student (logiciel Stagaphic Centurion) au seuil de probabilité de 5%.

Résultats et discussion

D'après les données du tableau 2, les échantillons de couscous à 0% et 20% de farine de patate ont obtenu les notes les plus élevées ($p < 0,05$) pour ce qui est de la couleur soient respectivement 3,76 et 3,26. Ces deux valeurs n'étant pas significativement ($p > 0,05$) différentes. Une forte proportion de farine de patate (FP) s'est traduite par une coloration brune plus dense du couscous de manioc de nature blanche. Ce résultat serait dû au brunissement non enzymatique du fait d'une forte concentration en oses simples, produit de l'hydrolyse de l'amidon. Selon les membres du panel, la texture des échantillons à 0% et 20% présentaient les meilleurs résultats ($p < 0,05$). En outre, des observations obtenues, les échantillons de couscous à 40 et 50% de FP présenteraient une texture molle pour la plupart (73,33%) des panélistes. En effet, des travaux antérieurs, l'augmentation de la proportion de farine de patate à celle de blé entraîne une forte absorption d'eau de l'ordre de 29-169% (13). Cette perte de l'élasticité du couscous ainsi évoquée avec l'augmentation de la proportion de farine de patate douce serait due à une forte absorption d'eau lors de la préparation (cuisson). Ceci résulterait de l'hydrolyse de l'amidon et libération des composés hydrosolubles du fait de la forte activité amylolytique de la farine de patate. Il n'a pas été observé de différence significative ($p > 0,05$) quant aux notes attribuées au critère odeur des produits. Ce qui contraste avec l'arôme fort développé par la FP durant la cuisson.

Tableau 2

Notes de l'évaluation sensorielle du couscous fait à base de farine mixte de manioc et de patate douce.

FP/FM (%)	Couleur/5	Odeur/5	Texture/5	Goût/5
0/100	3,76±0,93a	2,46±0,97a	3,30±1,07a	2,50±1,04c
20/80	3,26±1,04a	2,93±1,08a	3,93±1,31a	3,96±0,96a
40/80	2,36±1,15b	2,73±0,86a	2,66±0,88b	3,26±1,04b
50/50	2,26±1,08b	2,76±0,81a	2,23±0,93b	2,96±1,06bc

NB: Dans une même colonne, les valeurs affectées du même signe ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$)

FP: Farine de patate FM: farine de manioc

Tableau 3

Préférence des panélistes.

FP/FM (%)	N (Effectif)	Proportion (%)
0/100	9	30
20/80	18	60
40/60	3	10
50/50	0	0

Le goût du couscous fait à partir du mélange 80/20 (FM/FP) était le plus apprécié; sa note attribuée (3,96) étant significativement la plus élevée ($p < 0,05$). A l'inverse, l'échantillon ayant indiqué la note la plus faible est le témoin (100% FM); sa note (2,50) étant comparable ($p > 0,05$) à celle de l'échantillon à 50% de FP. Ces données se rapprochent de celles obtenues quant à la couleur et au goût des biscuits en substituant la farine de manioc à 25% par la farine de patate douce et, l'effet inverse avec 20% de supplémentation (13). Comme observation, les panélistes en majorité (60%) ont indiqué une saveur (goût) relativement sucrée de l'échantillon à 50% de farine de patate et 50% de farine de manioc. Cette saveur sucrée apparente serait attribuée à la présence des sucres simples, produits de l'hydrolyse de l'amidon. Ainsi, à faibles proportions, la farine de patate améliorerait le goût du couscous de manioc. Le tableau 3 nous révèle que le choix des panélistes s'est dirigé à 60% vers l'échantillon à 20% de farine de patate suivi de celui à 0% de farine de patate (30%) tandis que celui à 50% de farine de patate et 50% de farine de manioc n'a pas du tout été accepté (0%). De même, une augmentation de la proportion de farine de patate (60%) entraîne une réduction de l'acceptabilité des gâteaux à base de farine de blé du fait du goût et des arômes développés durant la cuisson (13).

En fait, la saveur sucrée et l'arôme fort qu'elle procure au produit après cuisson du fait de la chaleur ne sont pas appréciés de tous. Ces caractéristiques n'étant pas celles du couscous de manioc à l'origine.

Conclusion

La présente étude révèle que la substitution de la farine de manioc par celle de patate douce n'affecte pas ($p > 0,05$) l'odeur du couscous. Par contre, l'échantillon à 20% de farine de patate douce a obtenu la meilleure note ($p < 0,05$) quant au goût et en outre présenté avec le témoin (échantillon à 0% de FP) la couleur et la texture les plus appréciées ($p < 0,05$). Le choix des panélistes s'est également orienté en majorité (60%) sur l'échantillon à 20% de farine de patate douce au détriment de l'échantillon témoin (0%).

Une augmentation de la proportion de farine de patate (40% et 50%) influence négativement la couleur, la texture, le goût et d'une manière générale l'acceptabilité du couscous.

Le couscous obtenu à partir d'un mélange de farine de manioc et de celle de patate dans les proportions 80/20 se révèle indiqué pour la consommation sur le plan sensoriel. Cependant, une étude de ses propriétés physico-chimiques est nécessaire afin de s'assurer de son potentiel nutritionnel élevé comparé au couscous de manioc.

Références bibliographiques

1. Aprianita A., Purwandari U., Watson B. & Vasiljevic T., 2009, Physico-chemical properties of flours and starches from selected commercial tubers available Australia, *Int. Food Res. J.*, **16**, 507-520.
2. Collins J.L. & Washam - Hutsell L., 1987, Physical, chemical, sensory and microbiological attributes of sweet potato leather, *J. Food Sci.*, **52**, 646.
3. FAO, 2002, *State of food insecurity in the world*. FAO, Rome. Food Reviews International, 16, 1.
4. Hagenimana V.L.P., Vezina L.P. & Simard R.E., 1992, "Distribution of Amylases within Sweetpotato (*Ipomoea batatas*) Root Tissues," *J. Agric. Food Chem.*, **40**, 10, 1777-1783.
5. Hoover R., 2001, Composition, molecular structure and physicochemical properties of tuber and root starches: a review, *Carbohydrate Polymers*, **45**, 253-267.
6. Lu G, Huang H, Zhang D., 2006, Prediction of sweetpotato starch physicochemical quality and pasting properties using near-infrared reflectance spectroscopy. *Food Chem.*, **94**, 632-639.
7. Nabubuya A., Namutebi A., Byaruhanga Y., Judith Narvhus J. & Wicklund T., 2012, Potential Use of Selected Sweet potato (*Ipomea batatas* Lam) Varieties as Defined by Chemical and Flour Pasting Characteristics, *Food Nutr. Sci.*, **3**, 889-896.
8. Ndirigue J., 2004, Adaptability and acceptability of orange and yellow fleshed sweet potato genotypes in Rwanda BSC (Agri) HONS IFA Yagambi, DRC.
9. Noorakmar A.W., Chew C.S., Norizzah A.R., Mohd Zahid A. & Ruzaina, 2012, Effect of orange sweet potato (*Ipomoea batatas*) flour on the physical properties of fried extruded fish crackers, *Int. Food Res. J.*, **19**, 2, 657-664
10. Okoro Casmir Chukwuemeka, 2007, Effect of process modification on the physio-chemical and sensory quality of fufu-flour and dough, *Afr. J. Biotechnol.*, **6**, 16, 1949- 1953.
11. Oliveira D.M., Reis K.C., Pereira J. & Graduacao E.M., 2006, Agronomia/UFLA, Lavras, MG, Brazil. *Revista-Brasileira-de Armazenamento*. **31**, 2, 125-135
12. Osunjobi M.A.K. & Ogunwolu S.O., 2010, Physicochemical and sensory properties of cassava flour biscuit supplemented with Cashew Apple Powder, *J. Food technol.*, **8**, 1, 24-29
13. Singh S., Riar C.S. & Saxena D.C., 2008, Effect of incorporating sweet potato flour to wheat flour on the quality characteristics of cookies, *Afr. J. Food Sci.*, **2**, 65-72
14. Sobowale A.O., Olurin T.O. & Oyewol O.B., 2007, Effect of lactic acid bacteria starter culture fermentation of cassava on chemical and sensory characteristics of fufu flour, *Afr. J. Biotechnol.*, **6**, 16, 1954-1958
15. Tian S.J., Rickard J.E. & Blanshard J.M.V., 1991, Physicochemical properties of sweet potato starch. *J. Sci. Food Agric.*, **57**, 459-491.
16. Tilman JC, Colm M. O. B, Denise M. C, Anja D. & Elke K.A., 2003, Influence of gluten free flour mixes and fat powder on the quality of gluten free biscuits, *Eur. Food Res. Technol.*, **216**, 369-376
17. Tsakama M., Mwangwela A.M., Manani T.A. & Mahunga N.M., 2010, Physicochemical and Pasting Properties of Starch Extracted from Eleven Sweetpotato Varieties, *Afr. J. Food Sci. Technol.*, **1**, 4, 090-098.
18. Ulm S. G, 1988, *The Effect of Storage Conditions on Selected Quality Attributes of Sweet potato Flour*, Thesis of the University of Tennessee, Knoxville. 7-26
19. Van Hal M., 2000, Quality of sweet potato flour during processing and storage, *Food Rev. Inter.*, **16**, 1-37
20. Wade, T. 2008, *As Other Staples Soar, Potatoes Break New Ground*, Reuters.
21. Woolfe J. A., 1992, *Sweet potato: An Untapped Food Resource*. Cambridge University Press, Cambridge, 292-389.

M.A. Njoya, Camerounaise, D.E.A., Chercheur, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Laboratoire de Technologie Aliment et Post -Récolte Bambui, Bamenda, Cameroun.

C.W. Nain, Camerounaise, MSc., Technicienne, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Laboratoire de Technologie Aliment et Post -Récolte Bambui, Bamenda, Cameroun.

S.D. Mendi, Camerounais, PhD, Chercheur, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Laboratoire de Technologie Aliment et Post -Récolte Bambui, Bamenda, Cameroun.

H. Imele, Ukrainienne, MSc., Chercheur, Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Laboratoire de Technologie Aliment et Post -Récolte Bambui, Bamenda, Cameroun.

Annexe 3 :

Arabian Journal of Chemistry (2015) 8, 313–316



King Saud University
Arabian Journal of Chemistry

www.ksu.edu.sa
www.sciencedirect.com



ORIGINAL ARTICLE

Chemical constituents of the roots of Algerian *Bunium incrassatum* and evaluation of its antimicrobial activity



Ahlem Bousetla, Amar Zellaoui *, Kamel Derouiche, Salah Rhouati

University Mentouri-Constantine Algeria, Faculty of Science, Laboratory of Natural Products and Organic Synthesis, Department of Chemistry, Oum El Bouaghi, Algeria

Received 2 December 2010; accepted 19 January 2011
Available online 25 January 2011

KEYWORDS

Bunium incrassatum;
Chemical constituents;
Antimicrobial activity

Abstract In this study we investigated the chemical composition of the roots of *Bunium incrassatum* growing in Algeria, two coumarins, β -sitosterol, sucrose and oleic acid were isolated from methylene chloride:methanol (1/1) extract of the roots of this species. Furthermore, antimicrobial activity of the crude extract was evaluated using agar diffusion method. The antimicrobial results showed that the crude extract had a great potential antimicrobial activity against all the test microorganisms especially fungal strains.

© 2011 Production and hosting by Elsevier B.V. on behalf of King Saud University.

1. Introduction

Medicinal and aromatic plants have been used for many centuries and still popular in today's alternative therapies. Herbs often represented the original sources of most drugs. *Bunium incrassatum* (Boiss.) Batt. & Trab., a medicinal plant belonging to the Apiaceae family, is widely distributed in the east parts of Algeria and called "Talghouda" (Quezel and Santa, 1963).

The genus *Bunium* consists of seven species in Algerian flora, four of which are endemic (Quezel and Santa, 1963). This genus is close to *Carum*. *Bunium* and *Carum* are two of

the most important aromatic and medicinal plants, whose seeds and essential oils have been used in food and medicine all over the world for so long (Jassbi et al., 2005).

Bunium incrassatum is an economically important medicinal plant growing in the north of Algeria. The roots of this plant are quite nutritious and usually eaten as potato. There are some preparations in case it is used as an astringent and diarrhoeal for their virtues, but almost always prefer to consume it directly without saying that properly washed and stripped of the parties.

In the indigenous system of medicines, dried and powdered tubers are regarded as astringent and anti diarrheiques and found to be useful against inflammatory hemorrhoids. In addition, this plant is used for bronchitis and cough treatment.

The chemistry of this species has not been studied before. Previous phytochemical studies on the genus *Bunium* revealed the presence of coumarins (Appendino et al., 1994), sesquiterpenes (Appendino et al., 1991) and especially essential oils



Production and hosting by Elsevier

(monoterpenoids) as frequent metabolites (Salehi et al., 2008). Furthermore, it is well documented that the essential oils and extracts from some *Bunium* spp possess antihistaminic, antibacterial and antifungal effects (Boskabady and Moghaddas, 2004) besides antioxidant activities (Shahsavari et al., 2008).

In this study, we investigated for the first time the constituents of the roots of *B. incrassatum* and their Antimicrobial activity. To the best of our knowledge there are no reports in the literature regarding the chemical constituents or the biological activities of the above mentioned plant.

2. Experimental

2.1. Plant materials

Roots of *B. incrassatum* were collected from Souk Naamane, in the vicinity of Oum El bouaghi (east of Algeria) in May 2007, and the plant was identified by Dr. Amar Zellagui, Department of Biology, University of Oum El bouaghi. A voucher specimen has been deposited in the Herbarium of department of biology, University of Constantine under the code number ZA 103.

All of the clinical stains: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermis*, *Proteus merabilis*, *Streptococcus pyogenes*, *Klebsiella oxytoca*, *Enterobacter* sp., *Pseudomonas aerogenosa* and *Serratia* sp. were obtained from Bacteriology Laboratory Constantine University Hospital (C.H.U), while the fungi strains *Aspergillus flavus*, *Penicillium candidum* and *Candida albicans* were isolated in microbiology laboratory, department of biology, Oum El Bouaghi University.

Roots of *B. incrassatum* (800 g) were crushed and extracted with CH_2Cl_2 -MeOH (1:1) at room temperature. The extract was concentrated in vacuo to obtain a residue. The residue was fractionated on silica gel CC (3×125 cm), eluted with hexane, followed by a gradient of hexane- CH_2Cl_2 up to 100% CH_2Cl_2 and CH_2Cl_2 -MeOH.

The extract (1:1) gives a precipitate, which was washed with MeOH to give compound 1.

The fraction n-hexane- CH_2Cl_2 (25:75) afforded compound 2 also by precipitation.

The fraction n-hexane- CH_2Cl_2 (50:50) afforded 3 and 4 and a precipitate, which was washed with methanol three times to afford compound 5.

These compounds were identified by using UV, MS, $^1\text{H-NMR}$ and $^{13}\text{C-NMR}$ experiments, and with comparison of their spectroscopic properties with literature data.

2.1.1. Compound 1: Sucrose

Sucrose, a disaccharide formed from glucose linked to fructose, with the glycoside linkage between the anomeric proton of glucose (α configuration) and the anomeric proton of fructose (β configuration) Fig. 1. It was the major compound of CH_2Cl_2 -MeOH (1:1) extract. Its structure was determined by using $^1\text{H-NMR}$ and $^{13}\text{C-NMR}$ experiments.

Compound was obtained as white solid (150 mg); m.p. 186°C . Literature. 186°C .

$^1\text{H-NMR}$ (250 MHz, D_2O) δ : 5.25 (1H, d, $J = 3.80$ Hz, H-g1) small coupling constant (equatorial-axial coupling), 3.35 (1H, d, $J = 3.80$, H-g2) because it should be double

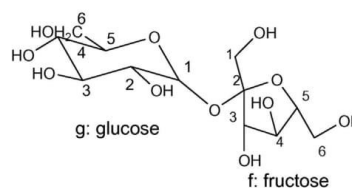


Figure 1 Sucrose.

doublet which broken down into two couplings: a doublet coupling of 9.19 Hz is further split by another doublet coupling of 3.80 Hz which matches the H-g1 doublet, 3.58 (1H, t, $J = 9.19$ Hz, H-g3), 3.27 (1H, t, $J = 9.19$ Hz, H-g4), the H-g3 and H-g4 are triplets with large coupling constants because both are in axial positions with one neighbour on each side, 4.01 (1H, d, $J = 8.44$ Hz, H-f3), 3.58 (1H, t, $J = 8.36$ Hz, H-f4).

A sharp singlet at 3.48 ppm corresponds to the only CH_2 group (H-f1). The signals between 3.60, 3.75 ppm (6 protons) must include the glucose CH_2OH (H-g6), the other fructose CH_2OH (H-f6) and the more complex H-g5 and H-f5 signals.

$^{13}\text{C-NMR}$ (62.5 MHz, D_2O) δ : 92.0 (C-g1), 70.9 (C-g2), 72.4 (C-g3), 69.00 (C-g4), 72.2 (C-g5), 59.9 (C-g6), 61.1 (C-f1), 103.5 (C-f2), 76.2 (C-f3), 73.8 (C-f4), 81.2 (C-f5), 62.2 (C-f6).

This results match with Casset et al. (1995) and Jacobsen (2007).

2.1.2. Compound 2: Oleic acid

Oleic acid contains 18 carbons, having the empirical formula $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ and involves one double bond, placed symmetrically between the C-9 and C-10 carbon atoms and a carboxylic acid group at one end. Its IUPAC name is Cis-9-octadecenoic acid.

Compound was obtained as colourless oil (10 mg); m.p. 16.5°C .

m/z : 181.24860 (cal. for $\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}_2$, 182.25197).

$^1\text{H-NMR}$ (250 MHz, CDCl_3) δ : 0.98 (3H, t, $J = 6.8$ Hz, CH_3 -18), 2.36 (2H, t, $J = 7.6$ Hz, CH_2 -2), 5.35 (1H, m, H-9 and H-10).

$^{13}\text{C-NMR}$ (62.5 MHz, CDCl_3) δ : 179.6 (C-1), 33.9 (C-2), 24.6 (C-3), 29.4 (C-4), 29.2 (C-5), 29.3 (C-6), 29.4 (C-7), 27.2 (C-8), 130.0 (C-9), 129.7 (C-10), 27.1 (C-11), 29.5 (C-12), 29.7 (C-13), 29.6 (C-14 and C-15), 31.9 (C-16), 24.6 (C-17), 14.1 (C-18).

The physical and spectral data showed complete agreement with Ascari et al. (2010).

2.1.3. Compound 3: Scopoletin

It is obtained as a crystalline solid (8 mg); m.p. $202\text{--}204^\circ\text{C}$. Literature $203\text{--}205^\circ\text{C}$.

UV: λ_{max} (MeOH) nm: 252, 297, 344.

m/z : 193.0408 (cal. for $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$, 192.0422).

$^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 7.79 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-4), 6.89 (1H, s, H-8), 6.82 (1H, s, H-5), 6.24 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-3), 3.92 (3H, s, 6-O CH_3).

$^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CDCl_3) δ : 161.84 (C-2), 150.66 (C-7), 144.69 (C-6), 143.69 (C-4), 113.85 (C-3), 111.90 (C-10), 107.85 (C-5), 103.59 (C-8), 56.81 (6-O CH_3).

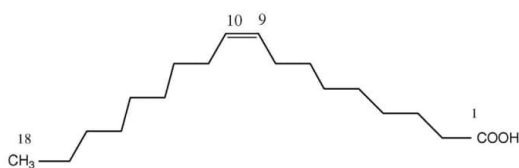


Figure 2 Oleic acid.

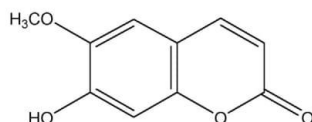


Figure 3 Scopoletin.

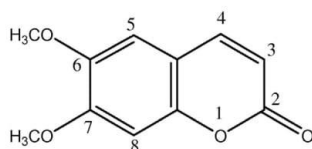
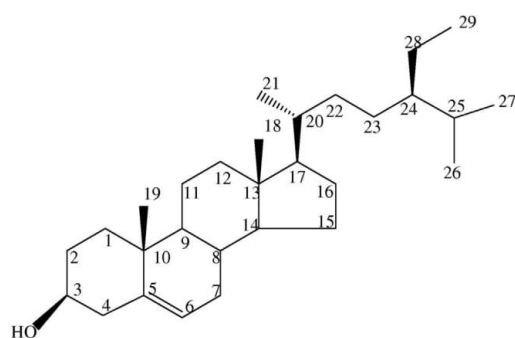


Figure 4 Scoparone.

Figure 5 β -Sitosterol.

The physical and spectral data showed complete agreement with Vasconcelos et al. (1998).

2.1.4. Compound 4: Scoparone

This compound obtained as a white solid (4 mg); m.p. 143–145 °C.

UV: (MeOH) λ_{max} : 292, 342 nm.

m/z : 207.12 (cal. for $C_{11}H_{10}O_4$, 206.11).

$^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 7.61 (1H, d, $J = 9.4$ Hz, H-4), 6.84 (1H, s, H₈), 6.81 (1H, s, H₅), 6.25 (1H, d, $J = 9.4$ Hz, H₃), 3.94 (3H, s, 6-OCH₃), 3.91 (3H, s, 7-OCH₃).

The physical and spectral data showed complete agreement with Ref. (El-Demrashed and Dawidar, 2009).

2.1.5. Compound 5: β -sitosterol

Compound is isolated as a Colorless powder (75 mg); m.p. 135–137 °C.

$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CDCl_3) δ : 3.60 (1H, m, H₃), 5.39 (1H, m, H₆), 1.01 (3H, s, H₁₈), 0.68 (3H, s, H₁₉), 0.84 (3H, d, $J = 6$ Hz, H₂₆), 0.82 (3H, d, $J = 6$ Hz, H₂₇), 0.85 (3H, m, H₂₉), 0.92 (3H, d, $J = 2.9$ Hz, H₂₁).

$^{13}\text{C-NMR}$ (75 MHz, CDCl_3) δ : 37.27 (C-1), 31.64 (C-2), 71.81 (C-3), 42.28 (C-4), 140.75 (C-5), 121.73 (C-6), 31.88 (C-7), 31.91 (C-8), 50.11 (C-9), 36.50 (C-10), 21.10 (C-11), 39.76 (C-12), 42.39 (C-13), 56.75 (C-14), 24.29 (C-15), 28.92 (C-16), 56.75 (C-17), 11.85 (C-18), 19.40 (C-19), 34.97 (C-20), 18.97 (C-21), 33.70 (C-22), 25.41 (C-23), 42.29 (C-24), 28.82 (C-25), 19.40 (C-26), 18.70 (C-27), 21.07 (C-28), 12.25 (C-29) (see Figs. 2–4).

The chemical structure of the β -sitosterol is shown in Fig. 5.

Our result is corresponding with Saxena and Albert (2005).

The Antimicrobial activity tests were carried out on crude extract ($\text{CH}_2\text{Cl}_2/\text{MeOH}$ 1:1) using disk diffusion method (Carbounelle et al., 1987) against nine human pathogenic bacteria, including Gram positive, Gram-negative bacteria *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Proteus mirabilis*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella oxytoca*, *Enterobacter* sp., and *Serratia* sp. and three fungi; *Aspergillus flavus*, *Penicillium candidum* and *Candida albicans*.

The bacterial strains were first grown on Muller Hinton medium (MHI) at 37 °C for 24 h prior to seeding on to the nutrient agar but the fungi at 30 °C for 48 h.

A sterile 6-mm-diameter filter disk (Whatman paper no. 3) was placed on the infusion agar seeded with bacteria, and each extract suspended in water was dropped on to each paper disk (40 μl per disk) for all of prepared concentrations (8 mg/ml, 4 mg/ml, 2 mg/ml, 1 mg/ml, 0.5 mg/ml, 0.25 mg/ml).

Table 1 Antimicrobial activity of crude extract ($\text{CH}_2\text{Cl}_2/\text{MeOH}$: 1/1) at different concentrations on nine strain bacteria.

Strains bacteria	1 mg/ml	2 mg/ml	4 mg/ml	8 mg/ml
<i>E. coli</i>	–	–	–	08.00 \pm 1.47
<i>Staphylococcus aureus</i>	06.00 \pm 0.00	13.00 \pm 1.47	18.50 \pm 1.15	20.33 \pm 0.86
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	–	–	12.66 \pm 1.15	14.00 \pm 02.00
<i>Proteus mirabilis</i>	–	–	–	07.25 \pm 0.57
<i>Streptococcus pyogenes</i>	–	–	07.75 \pm 0.95	11.00 \pm 0.95
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	–	07.00 \pm 01.00	13.00 \pm 0.57	16.66 \pm 01.15
<i>Klebsiella oxytoca</i>	–	–	08.0 \pm 1.47	11.00 \pm 01.15
<i>Enterobacter</i> sp.	–	–	07.0 \pm 01.00	08.66 \pm 01.15
<i>Serratia</i> sp.	–	–	06.0 \pm 1.47	09.33 \pm 0.57

Table 2 Antifungal activity of crude extract (CH₂Cl₂/MeOH: 1/1) at different concentrations on the three fungi.

Fungies	0.25 mg/ml	0.5 mg/ml	1 mg/ml	2 mg/ml	4 mg/ml	8 mg/ml
<i>Aspergillus flavus</i>	08.00 ± 0.57	12.75 ± 00	19.00 ± 0.57	30.5 ± 0.81	34.00 ± 1.80	35.25 ± 1.47
<i>Penicillium candidum</i>	–	06.00 ± 1.47	07.00 ± 0.86	10.75 ± 0.57	16.66 ± 0.57	23.25 ± 0.57
<i>Candida albicans</i>	–	–	–	–	08.50 ± 0.57	9.33 ± 0.00

ml). The treated Petri disks were kept at 4 °C for 1 h, and incubated at 37 °C for 24 h. The antibacterial activity was assessed by measuring the zone of growth inhibition surrounding the disks. Each experiment was carried out in triplicate.

The diffusion test was applied to twelve Gram-positive and Gram-negative microorganisms including three fungi. The results are summarized in Tables 1 and 2 which showed that the crude extract (CH₂Cl₂/MeOH: 1/1) from *Bunium incrassatum* prevented the growth of all the tested microorganisms with an inhibition zone medium diameter increasing proportionally with the concentration. The obtained inhibition varied from 6.00 to 20.33 mm with a highest inhibition zone recorded with *Staphylococcus aureus*. Nevertheless the fungi displayed very high inhibition diameter and varied from 08.00 to 35.25 mm overall with higher concentration of 8 mg/mL. To sum up, the crude extract containing the above compounds exhibited stronger activity against fungi than bacteria strains. The antimicrobial activity of the crude extract of *Bunium incrassatum* (Boiss.) Batt. & Trab. is certainly related to its chemical content such as coumarins.

3. Conclusion

Our study of the Algerian plant *Bunium incrassatum* (Boiss.) Batt. & Trab. led to the isolation and characterization of five compounds followed by the evaluation of antimicrobial activity for the first time.

These results reinforce the previous studies showing that the genus *Bunium* is considered a good source of coumarins. We would like to note here that scopoletin and scoparone were isolated from the first time of this genus.

Acknowledgements

The authors would like to thank Mr. H. Duddeck for running NMR spectra and mass spectrometric analysis and gratefully acknowledge the DAAD (Germany).

References

- Appendino, G., Ozent, H.ç., Lusso, P., Cisero, M., 1991. Sesquiterpene ketal from *Bunium paucifolium*. *Phytochemistry* 30, 3467–3468.
- Appendino, G., Ozent, H.ç., Jakupovic, J., 1994. Prenylated isocoumarins from *Bunium paucifolium*. *Phytochemistry*, 36, 531–532.
- Ascari, J.A., Takahashi, J.A., Boaventura, M.A.D., 2010. Phytochemical and biological investigations of *Caryocar brasiliense* Camb. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y Aromáticas*, 9, 20–28.
- Boskabady, M.H., Moghaddas, A., 2004. Antihistaminic effect of *Bunium persicum* on Guinea Pig Tracheal Chains. *Iranian Biomedical Journal* 8, 149–155.
- Carbonnelle B.F., Denis A., Marmonierand G., Rivargue P. 1987. *Bacteriologie medicale-techniques usuelles*, p.224–243.
- Casset, F., Hamelryuck, T., Loris, R., 1995. NMR, molecular modeling and crystallographic studies of lentil lectin–sucrose interaction. *Journal of Biological Chemistry* 270, 25628–25691.
- El-Demrdash, A., Dawidar, A.M., 2009. Coumarins from *Cynanchum actum*. *Revista Latinoamericana De Ingenieria Química* 37, 65–69.
- Jacobsen, N.E., 2007. NMR-spectroscopy explained; simplified theory; applications and examples for organic chemistry and structural biology. John Wiley & Sons, New Jersey, pp. 16–20.
- Jassbi, A.R., Mehrdad, M., Soleimani, M., Mirzaeian, M., Sonboli, A., 2005. Chemical Composition of the essential oils of *Bunium elegans* and *Bunium caroides*. *Chemistry of Natural Compounds* 41, 415–417.
- Quezel, P., Santa, S., 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques et Méridionales II, eds du centre national de la recherche scientifique, Paris.
- Salehi, P., Mohammadi, F., Asghari, B., 2008. Seed essential oil analysis of *Bunium persicum* by hydrodistillation-headspace solvent microextraction. *Chemistry of Natural Compounds* 44, 111–113.
- Saxena, V.K., Albert, S., 2005. β-Sitosterol-3-O-β-D-xylopyranoside from the flowers of *Tridax procumbens*. *Linn. J.Chem.Sci.* 117, 263–266.
- Shahsavari, N., Barzegar, M., Sahari, M.A., 2008. Antioxidant activity and chemical characterization of essential oil of *Bunium persicum*. *Plant Foods for Human Nutrition* 63, 183–188.
- Vasconcelos, J.M.J., Silva, A.M.S., Cavaleiro, J.A.S., 1998. Chromones and flavanones from *Artemisia campestris* subsp. *Maritima*. *Phytochemistry* 49, 1421–1424.