REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE MEDEA
FACULTE DES SCIENCES



Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de **Master**
En Chimie

Spécialité : Chimie macromoléculaire

Par :

Hamel Reguia

Chemchat Manel

Thème :

Biomolécules extraites des graines de deux espèces de plantes de la famille des cucurbitacées

Déposé le : 22/09 /2020, au jury composé de :

Dr. Maachou Hamida	Grade : MCA	Université de Médéa	Présidente
Dr.Zouambia Yamina	Grade : MCA	Université de Médéa	Examinatrice
Dr.Madani Leila	Grade : MCB	Université de Médéa	Encadreur

Année universitaire 2019/2020

الملخص

هذه الدراسة ترمي إلى تثمين بذور صنفين من القرعيات (اليقطين ،قرع الجوز) بفحص مخزونها من المواد البكتينية. تم استخلاص هذه الأخيرة بطريقة الاماهة بالماء الساخن باستخدام التسخين بالتحريض الكهرومغناطيسي تحت ظروف عمل مختلفة (الوقت ،نسبة كتلة المادة الطبيعية/حجم الماء ، جزء البذرة).

تحتوي قشرة بذور اليقطين وقرع الجوز على كمية من البكتين أكبر من تلك الموجودة في لب البذور ، وقشور بذور اليقطين ظهرت غنية بالبكتين بأفضل مردود 11.3٪ ، المتحصل عليه في ظروف إستخلاص:(pH معتدل T= 100 °C ،ز= 30دقيقة ،ك/ح=1/20) ,وأفضل مردود لقشور بذور قرع الجوز هو 8.1٪ ،المتحصل عليه في ظروف إستخلاص: (PH معتدل T= 100 °C ، ز=30 دقيقة، ك/ح= 10/1)

الكلمات المفتاحية : البكتين ، قشور البذور ، لب البذور ، اليقطين ، قرع الجوز ، الاماهة بالماء الساخن ، التسخين بالتحريض الكهرومغناطيسي

Résumé

Cette étude vise la valorisation des graines de deux variétés de courge (citrouille et Butternut) en examinant leurs réserves en substances pectiques. L'extraction de ces dernières a été réalisée par la méthode d'hydrolyse par l'eau à chaud utilisant le chauffage par induction électromagnétique sous différentes conditions opératoires (temps, rapport m/v (masse végétale/volume d'eau), partie de graine).

Les pelures des graines de la citrouille et du butternut contiennent une quantité de pectine plus importante que celle contenue dans les chairs des graines, les pelures des graines de la citrouille présentent une richesse en pectine avec un meilleur rendementde 11.3% en pectine obtenu sous les conditions d'extraction : pH = neutre, T = 100°C et t = 30 min. m/v =1/20.

Mots clés : Pectine, pelures des graines, chairs des graines, citrouille, C.moschata, hydrolyse par l'eau à chaud, induction électromagnétique.

Abstract

This study aims the valuation of the seeds of two squash varieties (pumpkin, butternut) by examining their pectic substances stock.The extraction of these later was carried out by the hot water hydrolysis method using electromagnetic induction heating under different operating conditions (time, ratio vegetable mass/ water volume, seed part).

The seeds peels of pumpkin and butternut contain greater quantity of pectin than that contained in the seeds flesh, The peels of pumpkin seeds are rich in pectin with the best yield of 11.3% of pectins obtained under extraction conditions : (pH = neutral, T = 100 ° C and t = 30 min,m/v = 1/20. and the best yield for the peels of butternut seeds is 8.1% obtained under extraction conditions :(pH = neutral, T = 100 ° C and t = 30 min, m/v = 1/10).

Key words: Pectin, seed peels, seed flesh, pumpkin, C. moschata, hot water hydrolysis, electromagnetic induction heating.



Remerciements

Remerciements

Tout d'abord louange a Dieu, Allah, le tout puissant qui nous avoir donné la santé, le courage et la patience pour terminer ce mémoire.

Nous tenons à remercier notre promotrice Meme Madani Leila pour avoir suivi et orienté ce travail et pour avoir accepté de nos encadrer et pour ces conseils.

Nous remercions vivement les membres de ce jury:

nous remercions Dr.Maachou Hamida de nous avoir fait l'honneur de présider nous jury, Dr.Zouambia Yamina d'avoir accepté d'examiner mon travail.





Dédicaces

Dédicaces

Je dédie cette thèse …

À MES CHERS PARENTS

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A mes chers sœurs et mes chers frères En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protégé et vous garde.

A tous ceux que j'aime
A tous mes amies
A tous mes collègues de promotion.



Reguia

Je dédie ce modeste de travail à :

Ma très chère mère Lamia qui était avec moi dans tous les degrés de succès, mon père Nour Eddine qui a toujours été là pour moi

Mes frères et sœurs et les petits beaux enfants, Toute ma famille en particulier mes oncles Omar et Abd El Kader et Abd El Hakim

Tous mes amis et spécialement : Nabila, Sabah, Hanane

Toute la promotion de Master chimie macromoléculaire

2020

Manel

Sommaire

Résumé
Remerciement
Dédicaces
Liste des figures
Liste des tableaux
Liste des abréviations
INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : GENERAILIRE SUR LES CUCURBITACEES
I. Généralités 4
I.1. Les cucurbitacées 4
I.1.1. Origine 4
I.1.2. Spécificités botaniques 4
I.2. Le genre Cucurbita 7
I.2.1. Classification botanique 7
I.2.2. Caractères botaniques et aspects descriptifs du genre Cucurbita 8
I.2.3. Les exigences climatiques 11
I.2.4. Différentes variétés en Algérie 11
I.3. Cucurbita Moschata 12
I.3.1.Données botaniques sur la courge musquée 13
1.3.2. Composition de la courge musquée 15
1.3.3. Utilisation et importance de la courge musquée 17
I.4. Cucurbita pepo 19
I.4.1. Données botaniques sur la courge (citrouille) 20
I.4.2. Composition du Cucurbita pepo 22
I.4.3. Utilisation et importance du Cucurbita pepo 24

CHAPITRE II : LES BIOPOLYMERES

II.1. Les substances pectiques 27

II.1.1. Historique 27

II.1.2. Définition des pectines 27

II.1.3 Rôle de la pectine dans la plante 28

II.1.4. Origine des substances pectiques 29

II.1.5 structure chimique des pectines 29

II.1.6. Types de pectines 32

II.1.7. Propriétés des pectines 33

II.1.8. Caractérisation macromoléculaire de la pectine 35

II.1.9. Domaines d'applications des substances pectiques 35

II.1.10 Méthodes d'extraction des pectines 37

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

III.1. Introduction 40

III.2. Produits et matériels 40

III.3. Préparation du matériel végétal 40

III.4. Détermination de la teneur en eau 43

III.5. Extraction des substances pectiques 43

III.5.1. Protocole expérimentale d'extraction des pectines 43

III.5.2. Calcul du rendement en pectine extraite 46

Chapitre IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV. Résultats et discussions 48

IV.1. Teneur en eau de la matière végétale 48

IV.2. Extraction des substances pectiques 50

IV.2.1. Aspect des substances pectiques 50

IV.2.2. Rendement des substances pectiques 51

Conclusion générale 57

LISTE DE FIGURE

CHAPITRE I : GENERAILIRE SUR LES CUCURBITACEES

Figure I.1: Système racinaire de courge 9

Figure I.2: Système de tige des courges 9

Figure I.3: fleur des courges 10

Figure I.4: quelques fruits du genre Cucurbita 11

Figure I.5: graines du genre Cucurbita 11

Figure I.6: le fruit mûr de Cucurbitamoschata 13

Figure I.7: constituants d'un fruit de courge musquée (la doubeurre) 15

Figure I.8: Pédoncule (A), fruit (B) et graine (C) de Cucurbitapepo (6980-7340 ans av. J.-C) 20

Figure I.9: constituants d'un fruit de citrouille 22

CHAPITRE II : LES BIOPOLYMERE

Figure II.1: Structure des parois primaires 28

Figure II.2: structure des unités d'acides D- galacturoniquesdans la pectine 30

Figure II.3 : Représentation de la molécule de rhamnose (A), arabinose (B), galactose(C) et xylose (D) 30

Figure II.4 : Ramifications RG-I et RG-2 de la pectine 31

Figure II.5 : Représentation des substitutions de l'acide galacturonique 31

Figure II.6: Pectines hautementméthylées, (B) :Pectines faiblement méthylées 32

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

Figure III.1: (A) Fruits de courge musquée butternut, (B)Fruits de la citrouille 41

Figure III.2: (A) Graines de citrouille,(B)Graines de la courge musquée 41

Figure III.3: A- Poudres de la chair des graines de Citrouille, B-Poudres de la chair des graines du butternut, C-Poudres de la pelure des grainesde citrouille,D-Poudres de la pelure des graines du butternut 42

Figure III.4: Organigramme des étapes de préparation des graines pour l'obtention de la poudre des grains des courges 43

Figure III.5: Protocole expérimentale d'extraction de la pectine par le chauffage par induction électromagnétique 45

Chapitre IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

FigureIV. 1: Teneur en eau des graines complètes de la courge musquéebutternut) 48

FigureIV. 2: Teneur en eau des graines complètes de la citrouille 48

Figure IV. 3: Teneur en eau des graines de C.M et C.P 49

Figure IV.4:échantillons des pectines extraites à partir des deux parties des graines sèches (pelure, chair)de deux variétés (citrouille, butternut) 51

Figure IV.5: Rendement en pectines extraites des différentes parties des graines sèches (pelure, chair) de deux variétés (citrouille, butternut) (eau à chaud T=100^{o} Cassistée par le chauffage par induction éléctromagnétique) 53

Figure IV.6: Influence du temps d'extraction sur le rendement des pectines extraites des différentes parties des graines sèches (pelure, chair) de deux variétés (citrouille, butternut) (eau à chaud T=100^{o}C assistée par le chauffage par induction éléctromagnétique 54

Figure IV.7: Influence du rapport (m/v) sur le rendement des pectines extraites des différentes parties des graines sèches (pelure, chair) de deux variétés (citrouille, butternut) (eau à chaud T=100^{o}C assistée par le chauffage par induction éléctromagnétique 55

LISTE DE TABLEAU

CHAPITRE I : GENERAILIRE SUR LES CUCURBITACEES

Tableau I.1: quelques espèces de fruits comestibles de la famille des cucurbitacées 6

Tableau I.2: Classification botanique du genre Cucurbita 7

Tableau I.3: Les principales espèces et variétés de la courge 8

Tableau I.4: Les principaux caractères morphologiques du Cucurbitamoschata… 14

Tableau I.5: Pourcentage des principaux composés nutritifs des graines et de l'écorce de la courge musquée 15

Tableau I.6: composés nutritifs dans les graines et l'écorce de la courge musquée 16

Tableau I.7: Souches bactériennes sensibles aux extraits du C.moschata 19

Tableau I.8: classification botanique du C.pepo 21

Tableau I.9: Caractères morphologiques de la citrouille 21

Tableau I.10: Différents nutriments de la citrouille 22

Tableau I.11: composés nutritifs dans les graines et l'écorce de la citrouille 23

Tableau I.12: Composition minérale de la citrouille 24

Tableau I.13: utilisations ethno-médicinales du Cucurbitapepo 24

Tableau I.14: Principaux agents antioxydant 25

CHAPITRE II : LES BIOPOLYMERE

Tableau II.1: Teneur en substances pectiques de quelques végétaux 29

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

Tableau III.1: Les différents produits et matériels utilisés lors de cette étude expérimentale 40

Chapitre IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Tableau IV.1: Teneur en eau des parties des graines(pelures et chairs) de C.M et C.P 50

Tableau IV.2: Rendements dans les différentes conditions opératoires de l'extraction des pectines à partir des différentes parties des graines sèches par

Liste des abréviations

C.M	Cucurbita musquée
C. maxima	Cucurbita maxima
C. moschata	Cucurbta moschata
C.P	Citrouill
C.pepo	Cucurbita pepo
Ca	Calcium
CH_3	Methyl
CH_2OH	Ethanol
CH_3COOH	Acide ethanoique
COOH	Acide carboxylique
Cu	Cuivre
DA	Degré d'acétylation
Dam	Degré d'amidation
DE	Degré d'estérification
DM	Degré de Méthylation
DPPH	Diphénylepicrylhydrazyl
DCM	Dichloromethyl
Fe	Fer
FM	Faiblement méthyl esterifié
HG	Homogalacturonane
HM	Hautement Méthylé
H2O2	Peroxyde d'hydrogène
K	Potassium
L.M	Low méthylées
MeOH	Méthanol
Mg	Magnésium
Mn	Manganèse
MP	Matière Première
Na	Sodium

NH_4	Ammonium
Ni	Nikel
O_2	Oxygène
P	Phosphore
Pb	Palladium
R%	Rendement
RG I	Rhamnogalacturonane I
RG II	Rhamnogalacturonane II
TE	Teneur en eau

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :

Les fruits, compte tenu de leur valeur nutritive, tiennent une place importante dans l'alimentation de l'homme. Ils apportent des sels minéraux et des vitamines dont l'organisme a besoin. Le mode de commercialisation en frais ne permet pas d'absorber toute la production, utile devait venir la solution de transformation des fruits en sous-produits (sirop, confiture, gelées, fruits séchées…) dans l'ambition de prolonger leur durée de conservation au cours du stockage.

Ces dernières années, il est aisé à remarquer la destination d'un grand flux de travaux de recherche à l'amélioration des possibilités de transformer des nutriments naturels en ingrédients incorporelles intervenant dans les produits à usage alimentaire, cosmétique ou à des fins pharmaceutiques.

Cucurbita moschata et Cucurbita pepo sont des plantes herbacées annuelles du genre Cucurbita qui constituent une culture végétale traditionnelle ayant une grande importance nutritionnelle et économique, cultivée pour leurs graines, fruits immatures et matures, en outre elles sont classés aussi dans les plantes médicinales que peut englober le couvert végétal. Le fruit de ce genre possède plusieurs propriétés physiologiques bénéfiques ; une activité immunologique et d'autres activités pharmacologiques.

Dans ce contexte d'intérêt, la recherche et l'isolement ainsi que la caractérisation des composés bioactifs issus de ce genre de plantes et qui constitue une des voies de la valorisation de la biomasse agroalimentaire fait toujours l'axe de plusieurs recherches.

Les graines de *Cucurbita pepo et* Cucurbita moschata qui restent en grande quantité en tant que produit résiduel après l'élimination de la chair pouvait être utilisé comme matière première pour l'extraction des diverses biomolécules.

Dans le cadre de ce travail, nos pré-occupations ont été focalisées sur l'extraction des substances pectiques à partir des graines de *Cucurbita pepo et* Cucurbita moschata en utilisant la méthode d'hydrolyse par l'eau chaude ou le mode de chauffage assisté par induction électromagnétique a été introduit comme alternatif du chauffage classique.

Pour ce faire, nous avons subdivisé notre travail en quatre chapitres :

-Le premier chapitre de notre étude est consacré à une synthèse bibliographique regroupant des généralités sur les cucurbitacées et les deux espèces *Cucurbita pepo* et Cucurbita *moschata*.

-Le deuxième chapitre a été consacré à une description des substances pectiques localisées dans les tissus végétaux.

- Le troisième chapitre, a été dédié à l'aspect pratique de ce travail dans lequel ont été décrit le matériel et les méthodes ainsi que les résultats de l'extraction des substances pectiques à partir des graines de *Cucurbita pepo* et *Cucurbita moschata*.

Enfin, cette étude, se termine par une conclusion générale et quelques perspectives.

CHAPITRE I

GENERALITE SUR LES CUCURBITACEES

I. Généralités :

I.1. Les cucurbitacées :

I.1.1Origine :

La famille des cucurbitacées est originaire des zones tropicales d'Amérique. C'est au Mexique, 7000 ans avant notre ère que leur présence a été décelée au Mexique. Primitivement cueillies par les peuplades itinérantes, elles furent ultérieurement cultivées par les civilisations sédentaires.

Après la découverte du nouveau Monde, leur dissémination sur tous les continents a été adopté à cause de leurs propriétés pertinentes comme leur effet antiscorbutique, leur durée de conservation (surtout pour les courges d'hiver). Leur extension se poursuive au cours des XVIIème et XVIIIème siècles, des nombreuses variétés apparaissent au XIXème siècle, ce qui a permet leur classification botanique **[1].**

I.1.2. Spécificités botaniques :

La famille des Cucurbitacées est une famille des plantes dicotylédones qui comprend environ 800 espèces réparties en 130 genres **[2]** dont les principaux sont : *Gurania*(75 espèces), *Sicyos*(50espèces), *Momordica*(45 espèces), *Cayaponia*(45 espèces) et *Cucumis*(32 espèces) **[3]**.Cette famille est connue pour sa grandediversité génétique [**4]** et sa grande adaptation aux régions tropicales, subtropicales et les déserts arides **[5]**.

Les Cucurbitacées sont des plantes herbacées, parfois sous-ligneuses à la base ou plus rarements ligneuses, annuelles ou vivaces, leur longévité est de l'ordre de 6 à 8 ans**.**

Elles sont plus ou moins rampantes ou grimpantes (voire décombantes) grâce à des vrilles caulinaires spiralées (à la base du pétiole placées à l'équerre du plan tige-feuille). **[6]**

Plusieurs caractéristiques des membres de la famille les rendent aisément reconnaissables :

- **Tiges :** longues non ligneuses
- **Feuilles :** alternes, souvent dentées

- **Fleurs :** jaunâtres ou blanchâtrene s'ouvrent que pendant moins d'une journée
- **Fruit :** entouré d'une écorce dure caractéristique, enveloppant une pulpe charnue avec de nombreuses graines.

La classification botanique des cucurbitacées est comme suit :

Règne : Plante

Sous-règne : Eucaryotes

Embranchement : Archégoniates

Sous-embranchement : Phanérogames

Classe : Angiospermes

Sous-classe : Dicotylédones gamopétales

Ordre : Cucurbitales

Famille : Cucurbitaceae

En région tempérée, cette famille est connue particulièrement par ses fruits comestibles : les courges (*Cucurbita*), les melons (*Cucumismelo*), les concombres(*Cucumissativus*), les pastèques (*Citrulluslanatus*) **[7]**. (Tableau I.1).

Tableau I.1: quelques espèces de fruits comestibles de la famille des cucurbitacées

Espèces	Variétés	Noms vernaculaires	Illustrations	Descriptions
Cucumismelo	Anasta	Melon		- Origine : Afrique inter-tropicale -Fruits vert, jaune et même noir, à écorce lisse ou rugueuse -Pulpe généralement jaune-orange -Parfum intense et très particulier
Cucumissativus	Antilla Tropical	Concombre		Origine : Inde - Fruits verts, jaunes ou blancs. Les plus répandus sont les verts - Consommés avant la maturité
Cucurbita.pepo	Pâtisson	Pâtisson		Peau :Unie blanche Très dur à maturité. Long et anguleux

I.2. Le genre Cucurbita :

Le genre Cucurbita est l'un des 130 genres sous les quelles sont regroupés les espèces de la famille des cucurbitacées, il comprend plusieurs espèces d'été et d'hiver. A côté des espèces sauvages, amères et impropres à la consommation, six espèces comestibles ont été identifiées :

- *Cucurbita*.ficifolia(courge à feuilles de figuier);
- *Cucurbita*. argyrospermaou mixa (chayote);
- *Telfairia* occidentalis Hook;
- *Cucurbita*maxima (potiron) ;
- *Cucurbita*. moschata(courge musquée);
- *Cucurbita*. pepo(citrouille**) [8].**

I.2.1. Classification botanique :

Classiquement le genre *Cucurbita*est botaniquement classé comme montré sur le tableau I.2 **[9]**

Tableau I.2: Classification botanique du genre Cucurbita.

Règne	Plantae
Division	Manoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Famille	*Cucurbitaceae*
Genre	*Cucurbita*

Le tableau I.3 illustre les principales espèces et variétés de la courge les plus cultivées et abondantes dans le monde **[8]. [10]**

Tableau I.3: Les principales espèces et variétés de la courge

Espèces	Variétés	Images
Cucurbitamoschata	Courge musquée (Courge Butternut)	
	Musquée de Provence	
Cucurbitapepo	Citrouille	
	Pâtisson	
	Courge spaghetti	
Cucurbita maxima	Giraumon	
	Potiron	
	Potimarron	

I.2.2. Caractères botaniques et aspects descriptifs du genre Cucurbita : [11-12]

a) La plante : La courge est une plante annuelle à larges feuilles plus ou moins incisées, monoïques et à tiges rampantes ou non.Les plantes possèdent des poils rugueux du fait de la présence de cystolithes à la base **[3].** Elle est caractérisée par une morphologie distincte de ses différentes parties :

- ✓ **La racine :**

La courge a une racine pivotante qui se ramifie en de nombreuses racines secondaires et tertiaires superficielles et qui assure sanutrition, elle absorbe l'eau et les éléments nutritifs par les poils absorbants, la première racinequi sort de la graine s'appelle la **radicule**, en se développant, elle produit des racines adventives ou secondaires. La durée de vie des racines est variable, elle dépend du cycle végétatif de la plante.

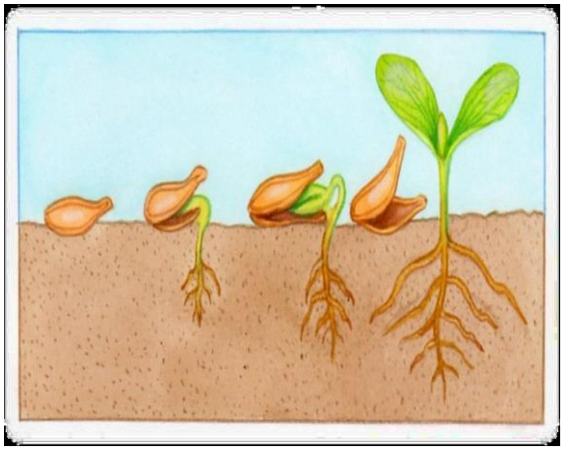


Figure I.1: Système racinaire de courge.

- ✓ **La tige :**

Les courges possèdent de longues tiges grimpantes, herbacées, et anguleuses courant sur le sol et pouvant atteindre jusqu'à 10 mètres de longueur, qui sont pourvues de vrilles ramifiées à chaque nœud. Tout comme la racine, sa durée de vie est annuelle.Dans l'espèce*Cucurbita.pepo*, des mutants « non coureurs » à port buissonnant avec des entre-nœuds très courts et sans vrilles ont été sélectionnés et correspondent aux courgettes et aux pâtissons.



Figure I.2: Système de tige des courges**.**

- ✓ **Les feuilles :**

Les feuilles sont larges, à pétiole fistuleux, à lobes réniformes, parfois incisées ou déchiquetées.

- ✓ **Les fleurs :**

Les fleurs de courge sont très grandes et jaunies, à 5 pétales soudés, et unisexuées mâles ou femelle sa corolle jaune largement étalée aux lobes réfléchis ou dressés. (Figure I.3)



Figure I.3: Fleur des courges

b) Les fruits : Les fruits ont des formes très variables selon les variétés, certains sont arrondis ou ovoïdes, d'autres sont aplatis. Ils sont généralement volumineux à nombreuses graines. La chair est de couleur jaune ou orange, ferme et comestible après cuisson. L'écorce est parfois lisse ou faiblement brodée, de couleur verte foncée, blanc, jaune ou orange. (Figure I.4)**[17].**



Figure I.4: Quelques fruits du genre Cucurbita.

c) Les graines : sont blanches ivoires à brunes ovales aplaties à tégument coriace. Elles sont lisses et longues de 2 cm environ.



Figure I.5: Graines du genre Cucurbita

I.2.3. Les exigences climatiques :

Toutes les cucurbitacées sont des cultures de saison chaude. Elles prospèrent par temps chaud et ne tolèrent pas le gel. La germination peut se produire à partir de 15 °C, mais est optimale dans la fourchette de 29-32 °C. La croissance s'arrête pratiquement quand les températures tombent sous les 10 °C.

I.2.4. Différentes variétés en Algérie :

- Courge Musquée de Provence (Cucurbitamoschata)
- Potiron rouge vif d'Etampes (Cucurbita maxima)
- Potimarron (Cucurbita maxima)

- Butternut (Cucurbitamoschata)
- Citrouille (Cucurbitapepo)

I.3. *Cucurbita.Moschata* :

Dérivant de la famille des Cucurbitacées, Le *Cucurbita.Moschata***(Duchesne)**est parmi les espèces les plus fréquemment cultivées. C'est un légume fortement apprécié comme plante potagère pour son fruit comestible à maturité, à usages multiples, facile à cultiver, à haut rendement potentiel et à haute valeur nutritive, très résistant aux maladies. En plus de son fruit, le potentiel des feuilles et des graines est remarquable comme source végétale de matières grasses et de protéines. **[13]**

L'espèce *Cucurbita.moschata* est une plante issue des zones tropicales et subtropicales telles que le Mexique et l'Amérique du Sud. Elle peut posséder plusieurs noms communs : courge musquée, courge muscade, giraumon (Antilles-Guyane), sucrine, courge musquée en fleurs.

Le *Cucurbita.moschata* ou courge musquée renferme de nombreuses variétés (La courge longue de Nice, la courge Butternut,…), son pédoncule est dur et marqué de côtes, il s'élargit nettement au contact du fruit. Le fruit est souvent aplati et côtelé, ou bien cylindrique et allongé. Ce sont, en général, des variétés coureuses. Les feuilles sont vertes marbrées de blanc, entières ou avec des lobes peu prononcés et présentent des zones décolorées argentées sur les nervures, ce qui les protègent contre le soleil. Ce groupe est subdivisé en deux catégories :

▪ Les courges en forme de poire plus au moins allongées jusqu'à un mètre de long (Butternut). Les graines se trouvent dans la partie renflée.

▪ Les courges en forme de potiron, très côtelées et légèrement aplaties dont la chair est d'une couleur orange saturée (courge musquée de Provence). **[10]**

Pour distinguer entre les espèces de courges, des critères d'identification ont été établis voir la forme et la couleur des feuilles, pédoncule et graines (nombre et couleur)**. [14]**



Figure I.6: Le fruit mûr de Cucurbita.moschata **[15]**

I.3.1. Données botaniques sur la courge musquée :

La courge musquée (*Cucurbita.moschata*) appartient au genre *Cucurbita*de la famille des Cucurbitacées, sous-famille des Cucurbitoideae, tribu des Cucurbiteaes**[16]**. Elle comporte plusieurs variétés toutes originaires d'Amérique du Nord (Sud des Etats Unis), du Sud d'Amérique centrale et de l'Amérique du Sud (Nord Pérou et du Mexique). Elle est largement cultivée dans tous les pays chauds et tempérés. La description morphologique des parties de la plante de *Cucurbita.moschata*est récapitulée dans le tableau I.4 **[13]**

Tableau I.4: Les principaux caractères morphologiques du *Cucurbita.moschata*

Organe	**Description**	**Photo**
Feuilles	alternes, simples, sans stipules ; pétiole de 9–24 cm de long, cannelé ; limbe à contour largement ovale, 5–7-palmatilobé à lobes peu profonds, de (10–20–35) cm de diamètre, profondément cordé à la base, à bord denté, muni de poils doux, avec parfois des taches blanches disparaissant à la sénescence, à 3 nervures partant de la base.	
Fleurs	solitaires, unisexuées, régulières, 5-mères, grandes, de 10–20 cm de diamètre, jaune citron à orange foncé, sépales libres, subulés à linéaires, de 1–3 cm de long ; corolle campanulée, avec des lobes largement étalés	
Fruits	grosse baie globuleuse à ovoïde ou cylindrique, pesant jusqu'à 10 kg, avec une grande variété de couleurs, souvent couverte de taches vertes et de stries grises chair jaune à orange, pédoncule du fruit élargi à l'apex.	 
Graines	obovoïdes, aplaties, de 1–2 cm × 0,5–1 cm, blanches ou fauves, parfois foncées, à surface lisse ou un peu rugueuse et bord proéminent. hypocotyle de 2–3 cm de long ; cotylédons elliptiques, de 2–4 cm de long, cunéiformes à la base, obtus à l'apex entier.	

1.3.2. Composition de la courge musquée : [17]

Le fruit de la courge musquéese compose d'une écorce dure qui représente environ 17,95%du poids total de la courge, de chaire très riche en eau et constituant 78.69% et des grainesqui ne prennent pas plus de 3.63%. (Figure I.7)



Figure I.7: Constituants d'un fruit de courge musquée (la doubeurre)

L'eau domine beaucoup plus la composition des écorces que celle des graines de la courge musquée comme montré sur le tableau (I.5) **[18].** Par contre les graines sont plus riches en protéines et en matière grasse que les écorces.

Tableau I.5: Pourcentage des principaux composés nutritifs des graines et de l'écorce de la courge musquée.

	Graines	Ecorces
Protéines	32.38%	14.06%
Matières grasses	14.31%	0.63%
Eau	25%	80%

En plus cette variété est une bonne source en éléments nutritifs tels que le potassium et les vitamines B2, C et E; 100 g de poudre de courge contient 4.09 g de lipides, 21.06 g de glucides et 301.57 mg de calcium **[19].** En effet les teneurs des composés nutritifs varient avec la partie du fruit de *Cucurbita.moschata* considéré (tableau I.6**). [19]**

Tableau I.6: Composés nutritifs dans les graines et l'écorce de la courge musquée**.**

Composition	Partie du fruit	Quantité en g/kg
Carbohydrates	Chair	43.39
	Ecorce	96.29
	Graine	140.19
Protéines	Chair	3.05
	Ecorce	11.30
	Graine	298.11
Matière grasse	Chair	0.89
	Ecorce	6.59
	Graine	456.76
Fibres	Chair	7.41
	Ecorce	34.28
	Graine	108.51
Eau	Chair	942.31
	Ecorce	841.86
	Graine	51.79

Les molécules bioactives les plus abondantes dans la courge sont les caroténoïdes et les polyphénols. **[20]**

Selon la littérature, le taux de caroténoïdes est plus élevé dans la courge au stade mûr que dans la courge immature ou même jeune **[21, 22]**. Durant la maturation, la couleur verte de la courge, due à la présence des chlorophylles, disparait avec la synthèse des pigments caroténoïdes **[23]**. Il a été trouvé que chez C. moschata, la teneur totale moyenne en caroténoïdes augmente de 5.4 µg / g chez le fruit jeune à 79.6 µg / g dans le fruit mûr. Bien que la lutéine semble être le caroténoïde principal au stade immature, le β-carotène et l'δ-carotène demeurent les caroténoïdes prédominants au stade de la maturité.

Selon l'étude de Murillo et al. (2010**)[24]** sur le contenu en caroténoïdes de 10 fruits au stade mûr de légumes cultivés en Panama ; le fruit ayant la plus forte teneur en caroténoïdes était la courge *C. moschata*(173 µg / g), qui présentait également la teneur en lutéine (81.7µg /g) la plus élevée en comparaison avec celles de la carotte

Daucus carota(3.6 µg/g), du piment orange *Capsiumannuum*(7.9 µg/g), de la tomate *Solanum lycopersicum*(3.4 µg/g) ou encore du brocoli *Brassicaoleracea*(1.4 µg/g).

Les polyphénols, qui sont un groupe de composés phytochimiques, sont présents en grande quantité dans les fruits, les légumes et les produits végétaux naturels **[23].** L'expression « composés phénoliques » est utilisée pour toute substance chimique possédant dans sa structure un noyau aromatique, portant un ou plusieurs groupements hydroxyles (—OH) **[25].**

Zdunic et *al*. (2016) **[26]** ont identifié huit composés dans différentes variétés de fruits de courge *C. pepo, C. maxima* et *C. moschata*et parmi eux les acides phénoliques étaient les plus dominants. Les acides protocatechuique et chlorogénique sont les acides phénoliques qui sont les plus largement distribués dans ces variétés, ainsi que dans diverses espèces végétales connues comme sources d'antioxydants puissants tels que le thé vert.

Dragovic-Uzelac et *al*. (2005**)[27]** ont rapporté la présence d'acide chlorogénique dans *C. pepo, C. maxima* et *C. moschata.* Parmi les flavonoïdes identifiés, il y a l'hespéridine, glycoside d'hespérétine, qui caractérise les agrumes.

1.3.3. Utilisation et importance de la courge musquée :

La courge est cultivée dans le monde entier, non seulement pour nos régimes alimentaires mais aussi, elle a été employée traditionnellement en médecine dans plusieurs pays, car elle présente de nombreuses propriétés biologiques telles que les activités antidiabétique, antihypertension, antitumorale, antibactérienne, antiinflammatoire, anti oxydantes, immuno modulation, anti hypocholestérolémiante. **[11].**

Les graines et ses huiles riches en acides gras mono-insaturés et polyinsaturés sont utilisées pour soulager les troubles bénins de la prostate, ces dernières renferment des composés phytostérols reconnus pour leurs bienfaits sur la santé. **[28]**

Les graines de la courge sont utilisées pour la fabrication de vermifuge qui permetle soulagement des crampes abdominales et élimination des vers intestinaux **[11].**

Le fruit de C. moschata, ainsi que sa graine sont connus pour être efficaces dans le traitement de certaines maladies, y compris le diabète sucré et l'arthrite rhumatismâle**[29].**

Les propriétés pharmacologiques de l'extrait de courge ont suscité l'intérêt des scientifiques qui ont cherché à en tirer des bénéfices santé. Dans cette optique, **[30]** ont rapporté que les composés typiques possédant une activité antioxydante chez la famille des Cucurbitaceae, notamment chez l'espèce C. moschata étudiée, ont été identifiés comme étant les vitamines C et E, les caroténoïdes et les composés phénoliques.

Une corrélation entre la teneur en carotènes totaux et l'indice antioxydant a été trouvée chez les Cucurbitaceae (C. moschata) avec une valeur de 2.91 ± 0.03 µM TE/g avec le test au DPPH **[31].** Cependant, il peut être observé que la quantité de xanthophylles totales dans le groupe de famille étudiées ait montré une corrélation avec l'indice antioxydant dans de nombreuses familles (Araliaceae, Cucurbitaceae, Légumineuses, Pipéracées et Ombellifères) **[30].**

Dans une étude de Mia-Isabelle et al. (2010)**[29]** sur le profil antioxydant de quelques végétaux communs tels que les épinards, chou frisé, coriandre, courge musqué, feuilles de patate douce, laitue chinoise, cresson, épinard rouge, chou fleuri et la ciboule ; il a été constaté qu'ils recèlent des teneurs élevées en caroténoïdes (plus de 90 mg ECa / 100g de poids frais). La plus forte activité antioxydant (3.91 µM TE/g), déterminée via le test ABTS a été enregistrée avec les extraits de la courge musquée (C. moschata).

L'effet antibactérien et antifongique du C.moschata a été dévoilé contre plusieurs souches antibactériennes et fongiques (tableau I.7).

Kamarudin et al. (2014) **[32]** et Wan et al. (2012)**[33]** rapportent aussi des taux d'inhibition de bactéries pathogènes par des extraits de courge Curcubita moschata plus élevés. L'activité antibactérienne la plus forte vis-à-vis de S. aureus, B. cereus et de P. aeruginosa a été respectivement observée avec les extraits DCM, MEOH et aqueux de Curcubita.moschata.Le tableau (I-7) regroupent les souches bactériennes sensibles aux extraits du C.moschata**[34]**

Dans le domaine agroalimentaire, de nombreux produits et préparations à base de courge sont commercialisés tels que les confitures, sirops et gelées et aussi utilisées comme additif dans divers produits destinés pour notre alimentation **[14 ;15].**

Tableau I.7: Souches bactériennes sensibles aux extraits du C.moschata **[34]**

Espèce	partie de plante	extrait	Souches (microbienne,fongique)
Cucurbita.moschata	Graines	Methanol	Candida albicans Rhodotorularubra Trichoderma viride Penicillium chrysogenum Rhizopusoligosporus
	Protéines brutes d'écorces, graines et pulpe	Acétone	Aspergillus fumigatus Aspergillus parasiticus Aspergillus niger Staphylococcus aureus Bacillus subtilis Klebsiella pneumoniae Pseudomonas aeruginosa Escherichia col

I.4. *Cucurbita.pepo :*

Le *Cucurbita.pepo* connu généralement par la citrouille est l'une des plus anciennes espèces cultivées retrouvée dans des restes archéologiques américains. La preuve est liée à des graines de citrouille datées entre 5500 et 7000 av. J.-C, qui ont été trouvées en Mexique (Figure I.8). Après des siècles, Christophe Colomb a rapporté la première fois en 1492, l'implantation de la citrouille dans son itinéraire; puis Gasper Espinosa la rencontre aussi dans son parcours en voyageant. Ensuite la culture de la citrouille a été introduite en Europe en 15ème siècle par des espagnols**.[35]**



Figure I.8: Pédoncule (A), fruit (B) et graine (C) de *Cucurbita.pepo* (6980-7340 ans av. J.-C)

La citrouille qui est un fruit très nutritif, il renferme des molécules bioactives. Ses graines renferment une gamme impotente d'éléments bénéfiques, contribuant à traiter les problèmes liés à la prostate, vessie etempêcher la formation des calculs rénaux. Ainsi, elles sont connues pour leurs effets préventifs naturels contre l'ostéoporose. **[36]**

En Algérie, la citrouille a été largement cultivée dans plusieurs grandes régions et peut être considérée comme l'une des principales cultures de légumes.

I.4.1. Données botaniques sur la courge (citrouille) :

Cucurbita.Pepo est une espèce très répandue de la famille des cucurbitaceae (tableau I.8), elle renferme plusieurs variétés voire la courgette, la citrouille, le pâtisson, etc. La plante entière porte des piquants et les feuilles sont de couleur verte unie ou tachetées de clair, découpées en 5 lobes aigus. Ces courges peuvent être coureuses ou non. Le pédoncule devient très dur à maturité, mais il est marqué de cinq côtes longitudinales. Souvent, ces côtes se prolongent sur le fruit ou continuent sur ce dernier avec une couleur différente. **[10]**

La citrouille est un fruit issu d'une plante herbacée, annuelle à longue tige très vigoureuse, rampante, qui s'accroche par des vrilles ramifiées à tout support. Ses feuilles sont grandes, avec de grandes fleurs de couleur jaune **[37].** La description morphologique des organes de la plante Cucurbita. Pepoest résumée dans le tableau I.9. **[38,9]**

Tableau I.8: classification botanique du C.pepo

Règne	plante
Division	Manoliophyta
Subdivision	Spermatophytes
Ordre	Cucurbitales
Famille	Cucurbitaceae:
Genre	Cucurbita
Espèce	Cucurbita.pepo
Nom vernaculaire	Calebasse
Nom français	Citrouille
Nom latin	Cucurbitapepo

Tableau I.9: Caractères morphologiques de la citrouille

Organe	Description	Photo
Feuilles	grandes, cordiformes, à nervation palmées, triangulaire très lobée formant cinq lobes arrondis	
Fleurs	solitaires, unisexuées, régulières, grandes (5 à 10 cm) pentamères, de couleur jaune sépale : fines	
Fruits	Grosse baie volumineuse avec une chaire épaisse de couleur jaune orangé **[10]** renfermant de nombreuses graines dans une pulpe spongieuse, l'épiderme de fruit est brillant Forme du pédoncule du fruit : anguleux (5 angles) Très dur à maturité, long anguleux, à 5 côtes qui ne s'élargissent pas au point d'attache mais semblent s'étendre sur le fruit	 
Graines	aplaties, de forme ovale, blanchâtre	

I.4.2. Composition duCucurbita.pepo :

La citrouille se compose d'une coque supérieure, de pulpe et des graines. Cork ou de l'écorce dure représente environ 17% du poids total de la citrouille, la chair jusqu'à 75% et les graines ne prennent pas plus de 11%.

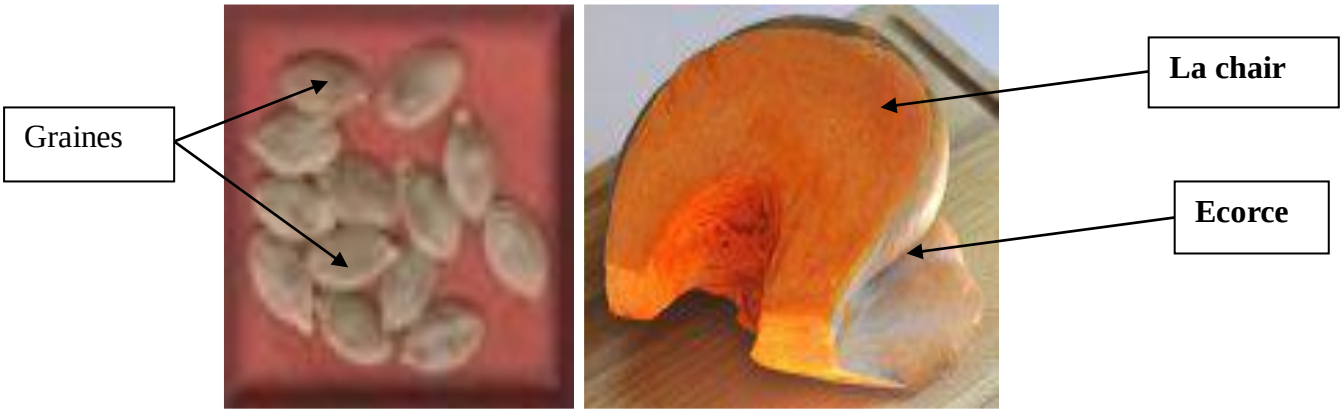


Figure I.9: Constituants d'un fruit de citrouille**.[39]**

La valeur nutritionnelle estimée pour 100 g de citrouille est donnée dans le Tableau I.10. **[40]**

Tableau I.10: Différents nutriments de la citrouille

Nutriments	Quantités
Protéines	1.1 g
Lipides	0.13 g
Glucides	4.59 g
Eau	91 g
Fibres	2.16 g
Vitamine C	12 mg
Vitamine A	128 µg
Vitamine E	1.1 mg
Vitamine B1	0.05 mg

Les citrouilles sont couramment utilisées pour la consommation humaine (tartes puddings, plats). Les citrouilles sont aussi associées aux décorations d'automne ainsi qu'à l'alimentation hivernale. Dans de nombreux pays, les citrouilles sont cultivées

principalement pour la production des graines qui peuvent être utilisées pour la consommation ou la production d'huile **[41]**. La valeur énergétique des graines de citrouille varie de 550 à 610 calories par 100g **[42] [43]**. Tandis que cette valeur est de 80 kcals pour 100 g de fruit de citrouille. Le fruit de la citrouille peut contenir 66% de carbohydrates 2.3% carbohydrates et 3% de protéines. Les quantités des nutriments se trouvent à des quantités variables dépendant de la partie du fruit considérée (tableau I.11). **[19]**

Tableau I.11: Composés nutritifs dans les graines et l'écorce de la citrouille.

Composition	Partie du fruit	Quantité en g/kg
Carbohydrates	Chair	62.23
	Ecorce	43.76
	Graine	122.20
Protéines	Chair	2.08
	Ecorce	9.25
	Graine	308.83
Matière grasse	Chair	0.55
	Ecorce	4.71
	Graine	439.88
Fibres	Chair	3.72
	Ecorce	12.28
	Graine	148.42
Eau	Chair	967.7
	Ecorce	935.98
	Graine	7.06

L'analyse minérale indique que la citrouille contient des teneurs importantes en minéraux (Tableau I.12**). [33]**

Tableau I.12: Composition minérale de la citrouille

éléments	Quantités g/kg
Mn	0.5
Fe	1.37
Cu	2-5
Pb	0.29
P	11.38
Ni	0.5
Ca	179
Mg	190
Na	159
K	160

I.4.3. Utilisation et importance du*Cucurbita.pepo* :

Les graines ont été longtemps employées dans la médecine traditionnelle pour le remédiation des différentes maladies (tableau I.13), en particulier, comme traitement contre des vers (ténia**) [44].**

Tableau I.13: Utilisations ethno-médicinales du *Cucurbita.pepo*

Nom scientifique	situation	Partie utilisée	Voie d'administration	Maladie et traitement	Références
Cucurbita pepo	Sud d'Ethiopie	Graines	Orale	Blennorragie	**[45]**
	Mexique	Plante entière	Orale	Obésité	**[46]**
	Catalogne	Fleurs	Dermique	Acné, Dermatite, Ecchymose,	**[47]**
		Fruits	Dermique	fièvre, Toxicité,	
	Afrique du sud	Feuilles	Orale	blessure Infection.	**[48]**
	Palestine	Graines	Orale	Arthrite	**[49]**
	Nord d'Ethiopie	Fruits	Orale	Cancer du sein	**[50]**
	Nigeria	feuilles	Orale	Gastrite, Pellicules cutanées Malaria	**[51]**

Les pouvoirs antibactérien et antifongique peuvent être attribués à cette plante grâce à sa composition phytochimique riche en caroténoïdes, cucurbitosides, multi furanes et en scalènes (583.2-747mg/100g), ce dernier composé est un triterpène précurseur des hormones stéroïdes, cholestérol et la vitamine D dans le corps humain. Il est très effectif dans le traitement de certain type de cancer **[33, 52]**

L'huile des graines ainsi que les extraits du C.pepo possède une activité antioxydant grâce au contenu des polyphénols et des caroténoïdes (tableau I.14)**[19].**ce contenu est plus faible généralement que celui du C.moschata.

Tableau I.14: Principaux agents antioxydant

Composés	Partie	C.pepo (g/kg)	C.moschata (g/kg)
α-Tocophérol	Chai	1.40	10.54
	Ecorce	4.49	6.17
	Graine	21.33	25.74
δ- Tocophérol	Chair	-	0.52
	Ecorce	0.66	-
	Graine	61.65	66.85
B-Carotène	Chair	1.48	5.70
	Ecorce	39.48	68.30
	Graine	17.46	7.15

CHAPITRE II
LES BIOPOLYMERES

II. Les biopolymères :

« Biopolymères » est un terme couramment utilisé pour les polymères qui sont synthétisés par des organismes vivants. Les biopolymères proviennent de sources naturelles comme l'amidon, la cellulose et les alginates, ils sont biologiquement renouvelables, biodégradables et biocompatibles **[53].**Dans le monde végétal, la pectine est un biopolymère indispensable.

II.1. Les substances pectiques :

II.1.1. Historique:

Le composé chimique réel a été découvert par Vauquelin en 1790, mais il n'a pas été vraiment caractérisé. C'est en 1825 que le chimiste français Braconnot donna le nom de « pectine » (du grec 'pektikos' signifiant « prise en gelée, rigide ») aux substances extraites de fruits et qui gélifient en milieu sucré et acide.Smolenski rapporta en 1924 que la pectine est une substance de polymère d'acides galacturoniques. En 1930, Meyer et Marc ont découvert la formation en chaînes de la molécule de pectine. Schneider et Bock ont en établi la formule en 1937.Depuis le début du XXème siècle, les pectines sont extraites industriellement du marc de pommes et sont utilisées comme agent gélifiant des denrées alimentaires**. [54]**

II.1.2. Définition des pectines :

Les pectines sont des polyosides complexes entrant dans la composition des parois cellulaires, présentes dans tous les végétaux majoritairement localisée dans la lamelle moyenne et la paroi primaire (figure II.1). Elles assurent la cohésion et la rigidité, en agissant comme ciment intercellulaire. Elles participent à la cohésion de la cellule et au maintien des parois par le biais d'interactions mécaniques et chimiques avec les autres constituants de la paroi.

La quantité de substances pectiques dans le végétal varie fortement en fonction de son origine botanique et de son histoire (mode de culture, période de croissance…).**[55]**

La nature des pectines évolue avec l'âge des tissus végétaux, elles se trouvent sous deux formes :

- La protopectine : insoluble puisqu'elle est liée aux autres composants, assure la rigidité des tissus végétale.

- L’acide pectique : soluble dans l’eau à froid, cette forme apparaît au cours de mûrissement quand leur dégradation en sucres et en acide ait lieu par voie enzymatique**. [17]**

II.1.3. Rôle de la pectine dans la plante :

Comme elle assure la cohésion et la rigidité des parois cellulaires, la pectine joue également un rôle dans la défense de la plante.Lorsqu’un agent pathogène digère la paroi cellulaire par l’intermédiaire d’enzyme, la pectineest le premier substrat. Les enzymes sécrétées par ces agents dégradent la pectine et libèrent des oligogalacturonides. Ces molécules agissent ensuite comme des molécules de signal initiant la réponse immunitaire de la plante, stimulant ainsi la production de molécules oxygénées (H_2O_2 et O_2), d’inhibiteurs de protéase et d’antimicrobien comme la phytoalexine **[56].** La pectine influence aussi diverses propriétés des parois cellulaires telles que la porosité, la charge de surface, le pH et l'équilibre ionique en formant des réseaux et en piégeant des molécules de soluté qui permettent le transport ionique **[56].**

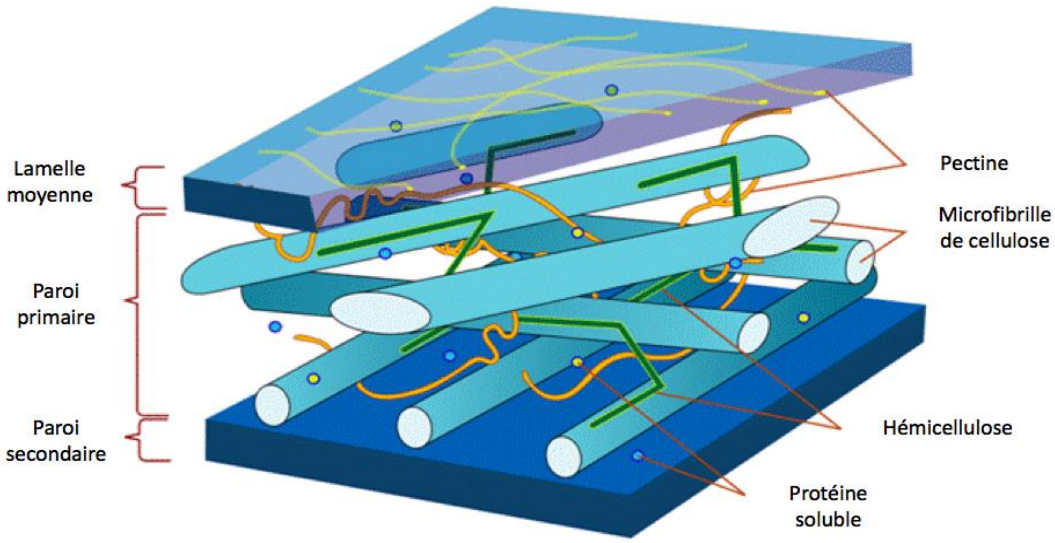


Figure II.1: Structure des parois primaires.

II.1.4. Origine des substances pectiques :

Bien que la pectine se trouve dans les parois cellulaires de la plupart des plantes, le marc de pomme et la peau d'orange sont les deux principales sources de pectines produites commercialement puisque leurs pectines sont de qualité supérieure. D'autres sources montrent souvent un mauvais comportement gélifiant. Dans les fruits, outre les pommes et les agrumes, les pêches, les abricots, les poires, les goyaves, les coings, les prunes et les groseilles à maquereau sont connus pour leur haute teneur en pectine. Parmi les légumes, les tomates, les carottes et les pommes de terre sont connues pour leur teneur élevée en pectine**[57].** Sur le tableau II.1 sont présentées quelques teneurs en substances pectiques de quelques sources végétalessources de pectines

Tableau II.1: Teneur en substances pectiques de quelques végétaux **[58]**

L'origine	Teneur en pectines(%)
Pomme	4.5
Carotte	10
Raifort	15
Tomate	03
Marc de pomme	15-20
Capitules de tournesol	25
Marc de betterave	15-20
Albédo des agrumes	30-35

II.1.5.Structure chimique des pectines :

La molécule de pectine se présente sous la forme d'un polymère linéaire d'acides D- galacturoniques joints en α (1-4) par une liaison glycosidique (figure II.2) **[58]**. Le long de la chaîne principale, est présent toute une série de substitutions qui en font rarement une structure homogalacturonique4(HG) simple.

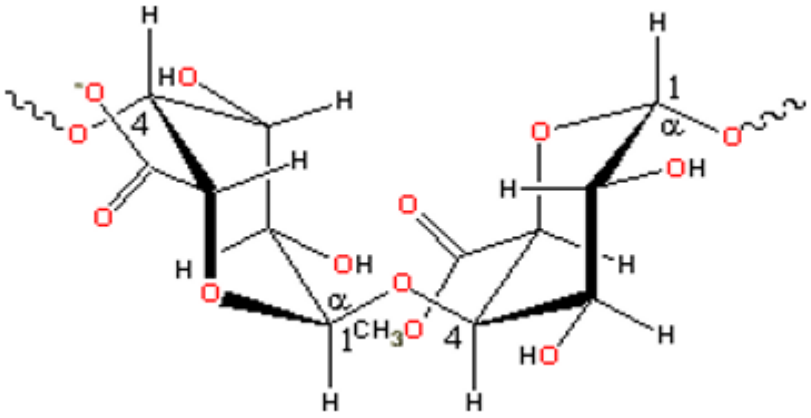


Figure II.2: Structure des unités d'acides D- galacturoniques dans la pectine

Plus de 17 autres monosaccharides peuvent entrer dans la composition de la pectinedans différentes proportions en fonction de l'origine de celle-ci. Ces monomères sont principalement : le rhamnose, l'arabinose, le galactose et la xylose (figure II.3) **[59].** En fonction de la répartition de ces sucres, deux autres types de régions sont identifiés sur la pectine. La première, appelée rhamnogalacturonique I (RG-I), correspond à une succession de 100, ou plus, unités de disaccharide de a-1,2-L-rhamnose-a-1,4-D-acide galacturonique. La deuxième zone qui fait également partie des régions ramifiées est appelée régionrhamnogalacturonique II (RG-II) (figure II.4). Eneffet, des chaînes latérales sont greffées sur le squelette. Cette fixation est permise par laformation de liaison entre les hydroxyles en position C2 et C3 du monomère d'acide galacturonique et des sucres neutres par une réaction d'estérification **[59].**

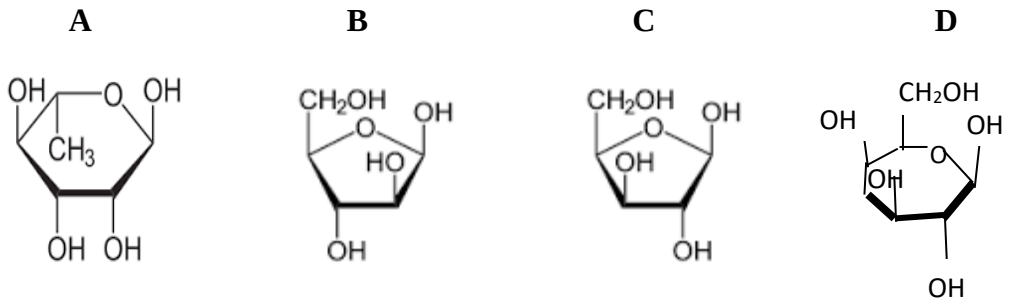


Figure II.3 : Représentation de la molécule de rhamnose (A), arabinose (B), galactose(C) et xylose (D).

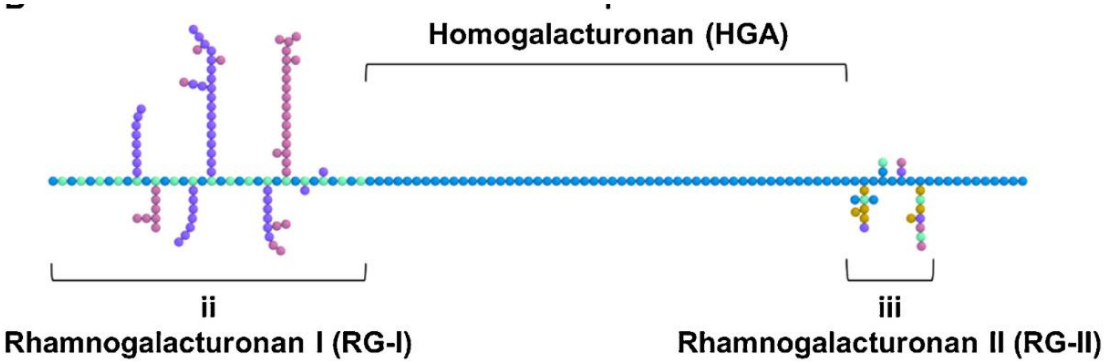


Figure II.4 : Ramifications RG-I et RG-2 de la pectine **[56]**

D'autre part, les monomères d'acide galacturonique sont présents sous différentes formes dans le squelette pectique (figure II.5**) [60]:**

- Leurs fonctions hydroxyles peuvent subir une réactiond'acétylation par l'acide acétique.
- Leurs fonctions acides peuvent être amidée par une amine, formant la pectine amidée,
- Neutralisées par des cations ou encore estérifiées.

Ces modifications dépendantes de l'origine de la pectine auront un impact sur les différentes propriétés de celle-ci. Ainsi, en fonction de ces modifications, la pectine est caractérisée par son degré d'acétylation (DA), d'amidation (Dam) et d'estérification (DE).

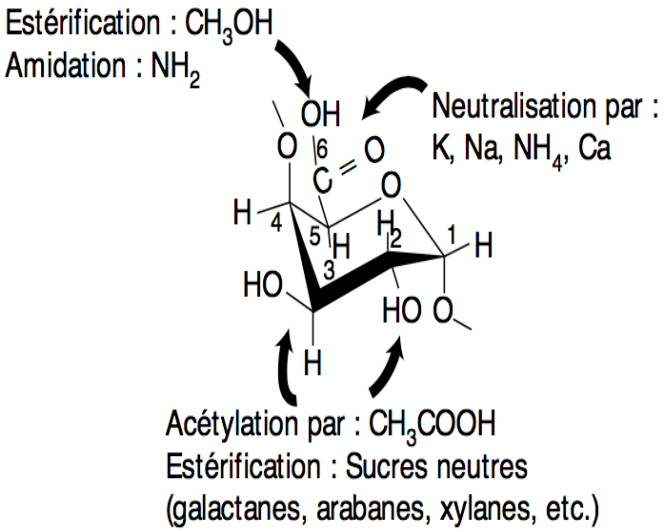


Figure II.5: Représentation des substitutions de l'acide galacturonique **[60]**

II.1.6. Types de pectines : [61]

Selon leur degré de méthylationqui définit le nombre de fonctions carboxyliques méthylées pour cent motifs d'acide galacturonique de la chaîne principale, les pectines sont divisées en deux catégories (figure II.6) **[62]**:

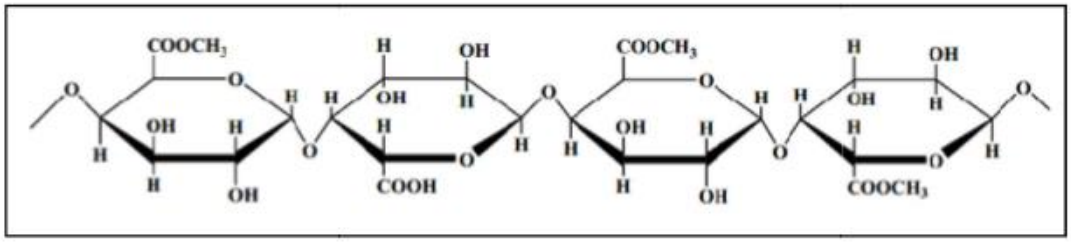
- Les pectines H.M (pectines hautement méthylées) : ce sont les pectines dont plus de 50% des groupements carboxyles sont estérifiés avec le méthanol.
- Les pectines L.M (pectines faiblement méthylées) ce sont les pectines dont moins de 50% de groupements carboxyles sont estérifiés. Ces derniers peuvent contenir des groupements amides ; dans ce cas on parle alors des L.M.A. (lowmethylatedamidatedpectins).

Le DM de la pectine dépend de :

- Son origine végétale,
- Type de tissu
- La maturité de celui-ci.

A l'état naturel, on retrouve essentiellement de la pectine HM avec unDM qui varie entre 60 et 90% **[63]**.

(A)



(B)

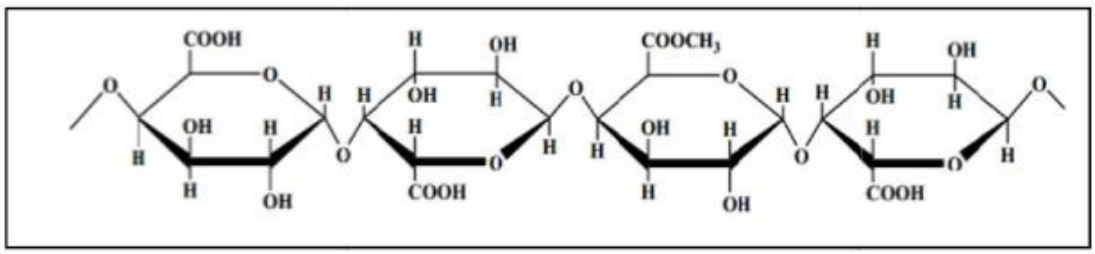


Figure II.6: Pectines hautementméthylées, (B) :Pectines faiblement méthylées

[62]

II.1.7. Propriétés des pectines :

A. Solubilité des pectines :

Les pectines se comportent comme des polyélectrolytes grâce à la présence des groupements carboxyliques dans leur squelette. La solubilité est déterminée par le pKa qui varie dans une gamme de valeurs constantes (2,9 - 3,2). La solubilité des pectines dépend de divers paramètres dont entre autres :

- Le solvant, sa nature et sa force ionique.
- La nature de la pectine et sa concentration.
- Le pH de la solution.
- La température de la solution.
- Les contre- ions d'autres polymères existants dans la solution.
- Le degré de polymérisation.
- L'ionisation des groupements carboxyles et leur distribution**. [58]**

En général les pectines sont solubles en milieux aqueux (eau, solutions tampons à faible force ionique) comme le formamide, le dimethyl-formamide, et le glycérol. **[64]**

B. Stabilité des pectines [60]:

Les stabilisants sont des additifs qui permettent de maintenir l'état physico-chimique du produit. Ils stabilisent les phases non miscibles entre elles et évitent la séparation des constituants du produit. Trois stratégies sont envisageables pour obtenir cette propriété :

- La première consiste à augmenter la viscosité de la solution.
- La deuxième crée un réseau assurant le maintien en suspension des particules.
- Le troisième masque les éléments qui peuvent interagir entre eux. Cette dernière est utilisée dans le cas des boissons laitières acides contenant des protéines, Or, en présence de pectine, l'agglomération des protéines est empêchée.

C.Propriétés viscosifiantes :

Le pouvoir épaississant des pectines peut être évalué grâce à leur viscosité intrinsèque qui reflète le volume hydrodynamique occupé par le polymère à des conditions données. La viscosité intrinsèque des pectines est influencée par le DM (lié à la masse molaire) **[65]**. Le pouvoir d'épaississement dépend, aussi, des conditions

extrinsèques (température, nature de solvant, pH). Citons comme exemple les pectines de la betterave sucrière qui ont une faible viscosité par rapport à celles issues du citron ou de la pomme .**[66]**

D. Propriétés Emulsifiantes :

Le rôle d'un agent émulsifiant est de réduire la tension interfaciale d'une émulsion (eau dans l'huile, huile dans l'eau...) pour lui permettre de se diviser en fines gouttelettes et d'être stable. La plupart des polysaccharides ne sont pas considérés comme des émulsifiants. Néanmoins, les pectines peuvent être utilisées comme agents émulsifiants à condition de réduire leurs interactions avec les ions divalents **[83]**.Le pouvoir émulsifiant des pectines est influencé par :

- ✓ Les caractéristiques structurelles de celles - ci
- ✓ Les conditions extrinsèques comprenant : la concentration en polymère et le pH de la solution**[84]**.

Les études réalisées sur les pectines dépolymérisées de citrus ou de pomme ont montré qu'à des poids moléculaires inférieurs à 80 KDa, ces dernières possèdent de bonnes propriétés émulsifiantes avec un taux d'acétylation bas **[67]**

E. Propriétés gélifiantes :

Les molécules gélifiantes sont des macromolécules qui forment un réseau en solvatation. Ce réseau tridimensionnel (système colloïdal) solide contient entre ses mailles une phase liquide". **[68]**

Les gels de pectines sont qualifiés de gels physiques car la connectivité entre les éléments structuraux est assurée par des liaisons non-covalentes, en opposition avec les gels chimiques établis par la création de liaisons covalentes. Les gels physiques de polysaccharides sont métastables et certains peuvent être thermoréversibles.

Le mécanisme de gélification des pectines dépend de leur degré de méthylation.**[69]**

- **Gels de pectines hautement méthyl estérifiées (pectines HM) :**

Ces pectines ont un DM compris entre 60 à 75%, elles gélifient en milieu acide (pH=2.5 - 3) en présence de sucre (masse de sucre > 55%). Le sucre a pour rôle de diminuer l'hydratation des macromolécules pectiques pour qu'elles puissent se rapprocher et former un gel. Ce comportement des pectines HM est utilisé dans l'industrie des confitures et gelées. **[70]**

- **Gels de pectines faiblement méthylestérifiées (FM) :**

Ces pectines de faible DM, obtenues par déestérification contrôlée des pectines HM, gélifient en présence de cations alcalino-terreux (le calcium pour les gels alimentaires), pour obtenir un gel plutôt qu'un précipité, la réaction entre le Ca2+ etles pectines FM doit être lente **[71]**. Ce comportement des pectines FM est utilisé dans l'industrie des produits lactés.

II.1.8. Caractérisation macromoléculaire de la pectine :

Les caractéristiques macromoléculaires de la pectine sont des causes déterminantes des applications industrielles des pectines **[72]** incluent principalement leur masse molaire et leur conformation.

❖ **La masse moléculaire**

Et par voie de conséquence le degré de polymérisation d'un polysaccharide est une caractéristique physico-chimique importante qui s'étend de quelques dizaines à plusieurs centaines de kilo daltons (kDa). Elle est nettement moins élevée que celle de la cellulose ou de l'amidon. Les mesures des masses molaires sont difficiles en raison de l'hétérogénéité, l'insolubilité dans l'eau, et l'agrégation de la pectine ; le caractère polyélectrolyte de la pectine doit également être pris en considération. Les valeurs des masses molaires, qui, dépendent non seulement de la méthode employée mais également de l'origine de la pectine et des moyens de l'extraction. **[58]**

II.1.9. Domaines d'applications des substances pectiques :

La pectine est largement utilisée entant qu'agent gélifiant, épaississant, et stabilisant dans l'industrie alimentaire principalement pour les produits à base de fruits. On recense dans la suite les domaines dans lesquels la pectine est utilisé :

A. Industrie alimentaire :

Les différentes utilisations des pectines en industrie alimentaire peuvent être résumées comme suit :

❖ Préparation des confitures et des gelées ; la pectine est ajoutée aux confitures pour compenser les variations de la teneur en pectine de fruits. La pectine est incorporée dans la confiture pour améliore sa consistance.

❖ Confiture pour yaourt et produits laitiers divers.

- En confiserie dans les pâtes à fruits et confiseries gélifiées.
- Produits pour fourrage et décor (biscuiterie et pâtisserie) ; la pectine a pour rôle delimiter les migrations possibles de l'humidité d'une couche à une autre.
- Produits pauvres en matière sucrée (laits gélifiés, sauces de nappage ou de décors auxfruits pour crèmes glacés…).

Les pectines sont également employées comme stabilisateurs dans l'industrie laitière, où la fonction principale est d'agir en tant qu'hydrocolloïde protecteur. La stabilisation de la protéine dans les boissons (pH = 4) est un domaine d'application de plus en plus important pour la pectine HM. **[17]**

B. Industrie pharmaceutique :

Dans le sang, les pectines ont une action immunologique par l'activité de formation des anticorps et une action détoxifiante sur les métaux lourds (plomb). Elles ont par ailleurs, une action antidiabétique et anti-vomitive. Les pectines protègent les vaisseaux sanguins contre l'athéroxlérose par la diminution d'absorption intestinale des lipides et du cholestérol.

Dans des applications pharmaceutiques modernes, la pectine a beaucoup d'intérêt comme excipient pour des systèmes de la libération des médicaments. La libération du médicament du côlon peut être réalisée avec des formes galéniques contenant la pectine, seul ou en combinaison avec d'autres polymères. Le profil de libération du médicament peut être changé en fonction du degré d'estérification. La pectine a des propriétés bio adhésives, qui peuvent être exploitées pour la libération nasale. De plus, la pectine est une fibre alimentaire soluble qui diminuerait les risques de cancer du côlon.

La pectine peut être généralement formulée en solution, gel, ou un film et être employée en sirops, suspensions, pastilles, pâtes, comprimés et capsule.

C. Industrie cosmétique :

Les propriétés de la pectine sont utilisées dans une variété d'applications personnelle de soin, y compris des produits de peau et de cheveux. Les gels de pectine peuvent être employés pour préparer des pâtes sans utilisation des agents tensioactifs.

Dans l'industrie cosmétique, la pectine est utilisée dans la fabrication des vernis, des huiles et des crèmes. Elle est aussi utilisée comme un agent épaississant et stabilisant dans les gels pour les cheveux, les lotions et le shampooing. **[58]**

D. Domaine des biomatériaux :

Parmi les matériaux composites synthétiques similaires à l'os, nous avons le polymère /minéral. Ce composite est constitué d'une hydroxyapatite carbonatée (phase minérale) et du collagène (phase organique). Dans ces composites, le renfort contribue à améliorer la résistance mécanique du matériau**. [70]**

E. Pectine comme matrice d'encapsulation

Les pectines sont très utilisées comme matrices d'encapsulation et de vectorisation de molécule d'intérêt (arômes, antioxydants, antimicrobiens, huiles essentielles, principes actifs,…) en raison de leurs propriétés gélifiantes et filmogènes. A ce sujet, différents travaux ont été réalisés. Une technique de mise au point des microsphères à base de prednisolone a été développée pour la thérapie ciblée du côlon où la pectine est utilisée comme agent d'enrobage. De même, un système multi particulaire a été mis au point (microsphères pectiniques chargées de Tramadol) pour le traitement du syndrome de l'intestin irritable. La pectine comme agent d'encapsulation a été utilisée pour préparer des microbeads chargées de polyphénols extraits à partir des pelures de grenade. Elle a été aussi utilisée pour l'encapsulation de l'huile de foie de requin. **[70]**

II.1.10 Méthodes d'extraction des pectines :

Différentes techniques d'extractionont été décrites en cherchant à optimiser lesconditions opératoires en fonction de la source dela pectine, parmi elles :

A. Hydrolyse en milieu acide :

Le procédé d'extraction en milieu acide de la pectine consiste à hydrolyser le polymère, par cuisson en milieu acide de la matière végétale contenant la pectine. Elle est ensuite mélangée avec de l'alcool (isopropanol) pour faire précipiter lapectine et former un coagulum. Celui-ci est lavé, séché et broyé pour obtenir une poudre.

B. Extraction par micro-ondes

L'extraction par micro-ondes est une méthode qui réduit considérablement le temps etles coûts d'extraction par rapport à l'hydrolyse en milieu acide. En effet, 15 min de chauffage par micro-ondes est équivalente, en quantité de pectine extraite, à une extraction de 3h en milieu acide. De plus, l'extraction par micro-ondes limiterait les phénomènes de dépolymérisation de la pectine qui peuvent être observés lors de

l'extraction acide**[73]**.Dans cette méthode, lors du chauffage par micro-ondes, la pression s'accumule dans le matériau à extraire pour modifier la structure cellulaire du résidu et permet une meilleure pénétration des solvants d'extraction (acide citrique, acide chlorhydrique, acide nitrique)**[74]**.

C. Extraction enzymatique

L'extraction enzymatique de la pectine est effectuée par la pectinase qui est une enzyme extraite de micro-organismes et de champignons. Dans cette méthode, l'enzyme brise les liaisons osidiques de la pectine ce qui diminue la viscosité de la solution, facilitant la filtration et la centrifugation. Cette méthode d'extractiona l'avantage d'être moins polluante que les précédentes. Cependant, la production enzymatique reste coûteuse et laréaction est difficile à contrôler, elle peut entrainer une dégradation de la pectine **[74]**

D. Extraction par chauffage assisté par ultrasons :

En milieu liquide, le traitement par ultrasons conduit à un phénomène de cavitation, cela entraine la formation de bulles microscopiques instables qui vont imploser. Ce phénomènefait varier la température et la pression à proximité des bulles et dans ces conditions la structure de matière végétale mis en solution est modifié, ce qui permet une meilleure pénétration des solvantsd'extractions.

L'extraction à chaud assisté par ultrasons est une méthode ayant l'avantage de diminuer letemps d'extraction et augmenter le rendement par rapport aux méthodes classisues(hydrolyse en milieu acide). Il a été constaté que les ultrasons ont tendance à dégrader les polymèrescomme la pectine **[75]**.

Il existe d'autres options pour l'extraction de la pectine comme l'extraction parl'autoclave, ou encore les procédés physiques comme le prétraitement par cuisson-extrusion.

CHAPITRE III
MATERIELS ETMETHODES

CHAPITRE III:MATERIELS ET METHODES

III. MATERIELS ET METHODES :

III.1. Introduction :

La partie expérimentale a été réalisée au niveau des laboratoires de chimie et de biologie de la faculté des sciences de l'université de Médéa. Cette étude expérimentale consiste en une extraction des substances pectiques par le chauffage par induction électromagnétique à partir des graines de deux familles cucurbitacée (la citrouille et la courge musquée)

III.2. Produits et matériels :

Les différents produits et matériels utilisés lors de cette étude expérimentale, sont rassemblés dans le Tableau III.1.

Tableau III.1: Les différents produits et matériels utilisés lors de cette étude expérimentale

Produits	**Matériels**
Éthanol	Balance
Acétone	Etuve
	Thermomètre
	Tamis
	Moulinette électrique
	Chauffage par induction électromagnétique.

III.3. Préparation du matériel végétal :

Dans le cadre de notre étude, une variété des deux espèces *Cucurbitamoschata*et Cucurbitapépo respectivement ont été choisie:

- La doubeurre, parfois appelée courge Butternut ou par anglicisme Butternut.
- La citrouille

Les fruits ont été récoltés en fin de maturation à Biskra sud-ouest de l'Algérie(figure III-1). La matière végétale utilisée dans cette étude consiste en les graines de deux variétés de courge Butternut et citrouille.

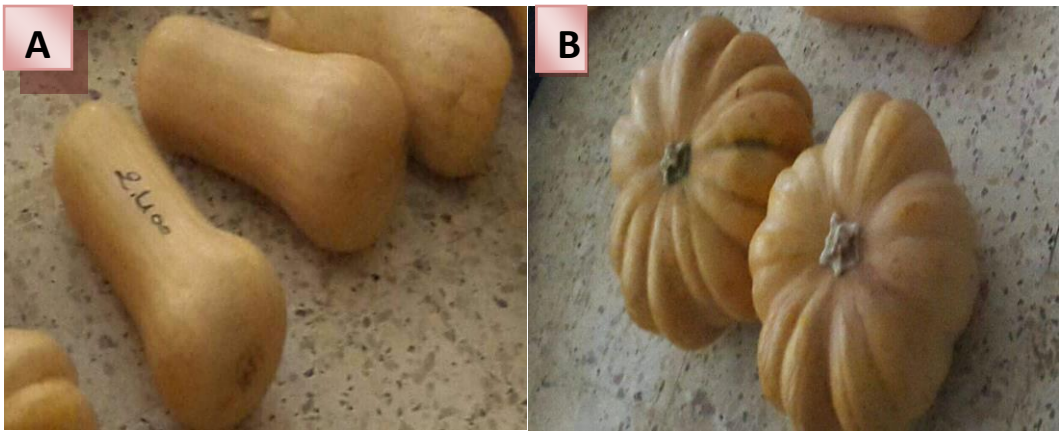


Figure III.1: **(A)** Fruits de courge musquée Butternut, **(B)**Fruits de la citrouille

Les graines qui ont été séparées du fruit sont bien lavées à l'eau de robinets, un échantillon des graines séparées a été utilisé à l'état frais (figure III-2) pour déterminer la teneur en eau. Tandis que tout le reste des graines a subi un séchage à l'air libre à température ambiante.

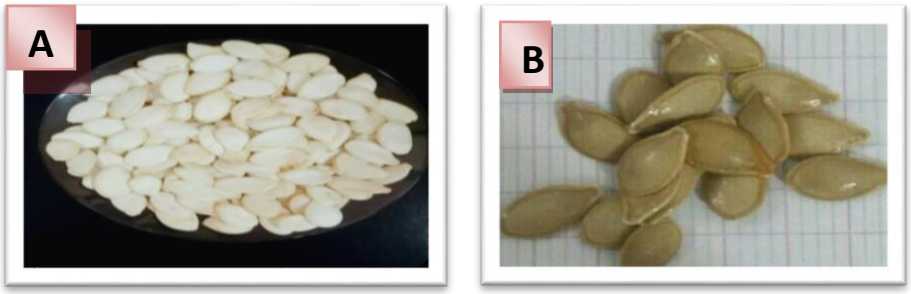


Figure III.2: (A) Graines de citrouille,**(B)**Graines de la courge musquée

Avant d'être utilisées, on procède à une séparation de l'enveloppe de la graine qui est la pelure de l'intérieur des graines biens séchées. Ces deux parties séparées (pelure, chair de graines) ont subi un broyage à l'aide d'une moulinette électrique en poudres (Figure III.3). Les poudres ainsi obtenues ont été stockées dans des flacons à température ambiante jusqu'à leur utilisation. Une mesure des diamètres moyens de la

poudre a été effectuée à l'aide d'un tamisage, le diamètre choisi est 8mm. Ces étapes de préparation sont récapitulées sur le schéma de la (Figure III.4)

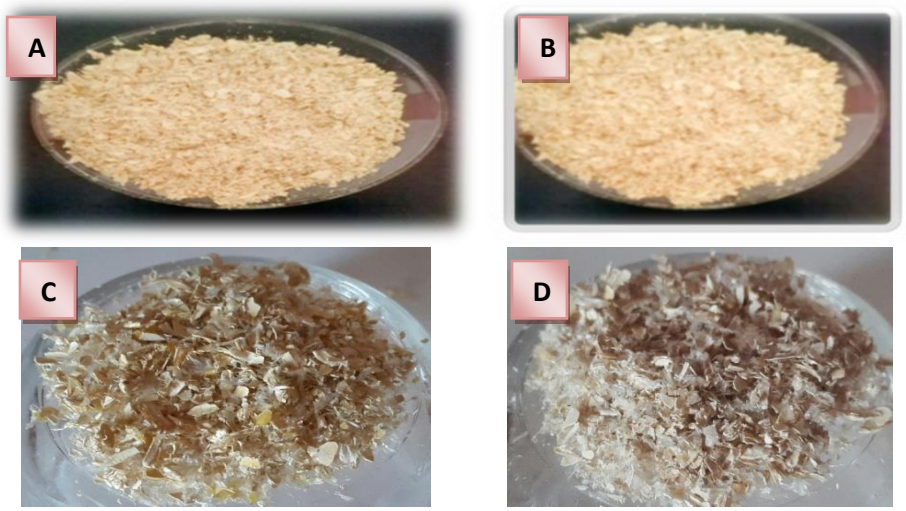


Figure III.3: (A)- Poudres de la chair des graines de Citrouille, **(B)**-Poudres de la chair des graines du Butternut, **(C)**-Poudres de la pelure des grainesde citrouille, **(D)**- Poudres de la pelure des graines du Butternut.

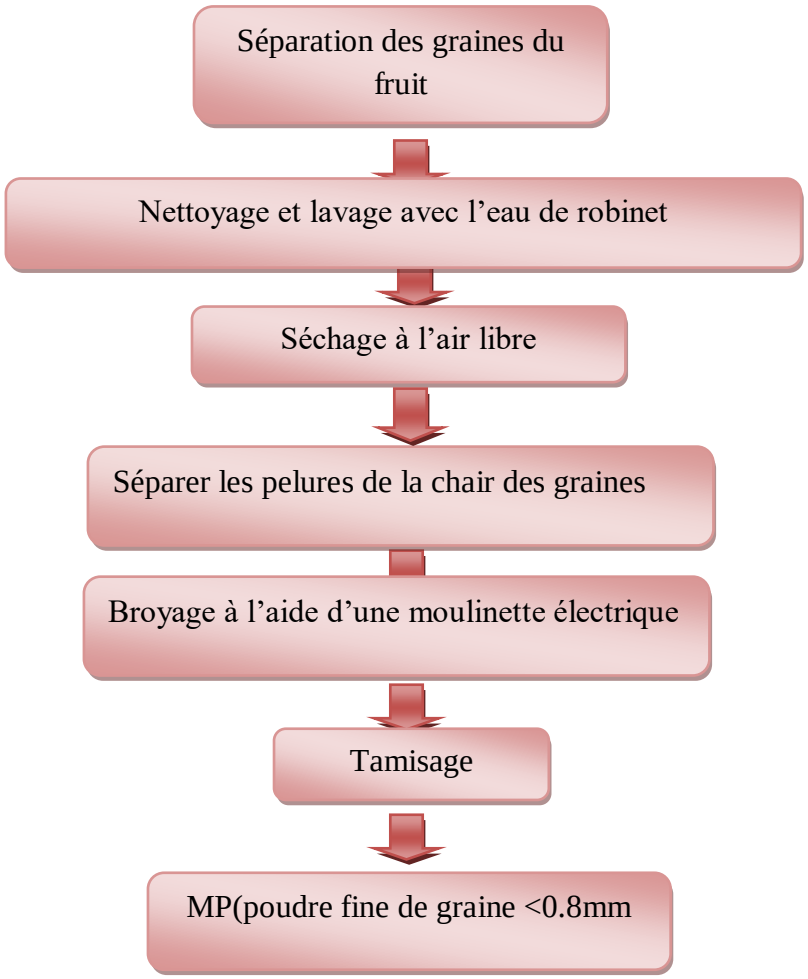


Figure III.4: Organigramme des étapes de préparation des graines pour l'obtention de la poudre des graines des courges.

III.4. Détermination de la teneur en eau :

La teneur a été mesurée par le procédés d'élimination d'eau par le séchage jusqu'à l'obtention d'un poids constant. On procède à un séchage d'un échantillon des poudres obtenues par deux méthodes :

- Dans une étuve à 60℃ pendant des durées de 24 h et 48 h
- Par séchage à l'air libre pendant des durées de 24 h et 48 h

Pour les deux variétés de courge étudiées, les échantillons destinés à cette mesure sont :

- Les graines complètes.
- Les pelures des graines
- Les chairs des graines

La teneur en eau (TE) d'un échantillon est le rapport entre la massed'eau contenue dans l'échantillon et sa masse anhydre.

Le pourcentage en eau contenue dans la matière végétale est déterminé par la formule suivante :

$$\mathbf{TE\ (\%)} = \frac{m_i - m_f}{m_i} * 100$$

TE% : teneur en eau en %.

m_f: masse des graines sèches.

m_i: masse initiale des graines fraiches.

III.5. Extraction des substances pectiques :

L'extraction des pectines à partir des deux différents types d'échantillons (graines de la citrouille et graines du Butternut) a été faiteen utilisant la méthode d'hydrolyse par l'eau chaude assistée par le chauffage par induction électromagnétique

III.5.1. Protocole expérimentale d'extraction des pectines:

Le protocole comprend plusieurs étapes schématisées sur la figure III.5.

III.5.1-a. Solubilisation :

A 10 grammes de l'échantillon on ajoute de l'eau distillée. Le mélange est chauffé pendant un temps t en utilisant le chauffage par induction électromagnétique.

Les paramètres de solubilisation :

- Rapport pondéral : échantillon sec/eau = 10 g/200ml d'eau
- Température : 100 ° C
- Temps : 30min, 60min
- pH = 7

III.5.2-b. Filtration :

A la fin de la solubilisation, le jus pectique est immédiatement filtré et refroidi pouréviter l'éventuelle augmentation de la viscosité et la dégradation de la pectine.

La filtration se fait à travers une gaze.

III.5.3-c. Précipitation :

A un volume du jus pectique (la solution déjà filtrée), on ajoute deux volumes d'éthanol (rapport volumique pectine /éthanol : 1/2). Après une nuit de repos, maintenue à la température ambiante, le précipité est filtré à travers un papier filtre et lavé par acétone.

Finalement, le produit est séché dans l'étuve à circulation d'air à 45 °C pendant 24 heures. La pectine obtenue est broyée, pesée et conservée dans des flacons bien fermés

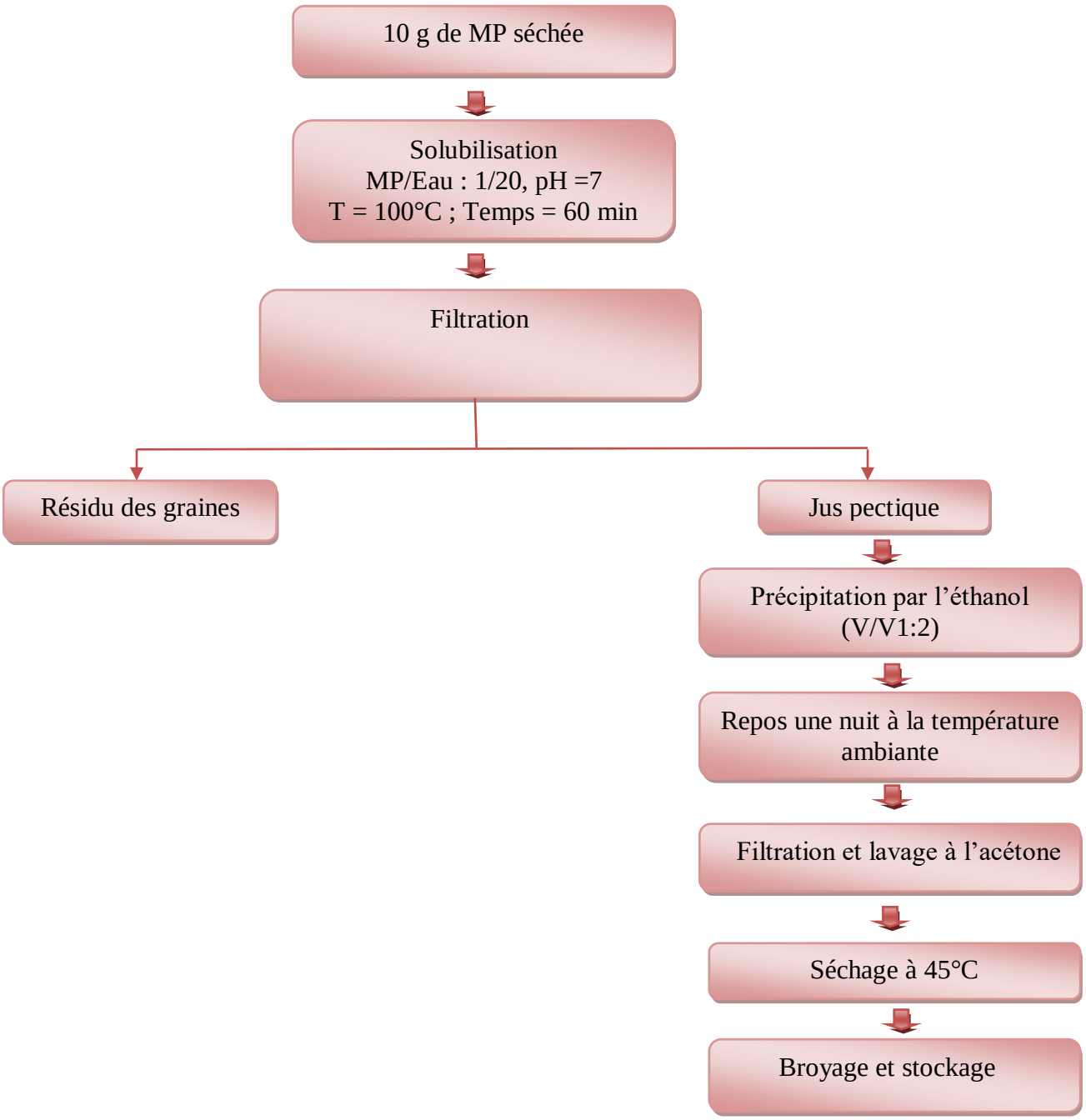


Figure III.5: Protocole expérimentale d'extraction de la pectine utilisant l'eau à chaud assisté par le chauffage par induction électromagnétique.

III.5.2.Calcul du rendement en pectine extraite :

Les rendements en pectines sont exprimés en pourcentage et ils ont été calculés par rapport à la masse initiale traitée (masse des graines sèches) selon l'équation suivante :

$$R(\%) = \frac{m}{m_0} \times 100$$

Où :

m : est la masse de la pectine obtenue (g),

m_0 : est la masse de l'échantillon sèche traité (g).

Chapitre IV :

RESULTATS ETDISCUSSIONS

IV. Résultats et discussions :

IV.1. Teneur en eau de la matière végétale :

D'après les résultats des mesures des teneurs en eau ; après séchage pendant 48h à l'air libre des graines complètes ; représentées sur les figures IV.1 et IV.2, l'eau représente plus de 1/3 de la masse des graines de la citrouille. Il est clair que les graines de la citrouille sont plus riches en eau (40%) que les graines du butternut (27.5%).

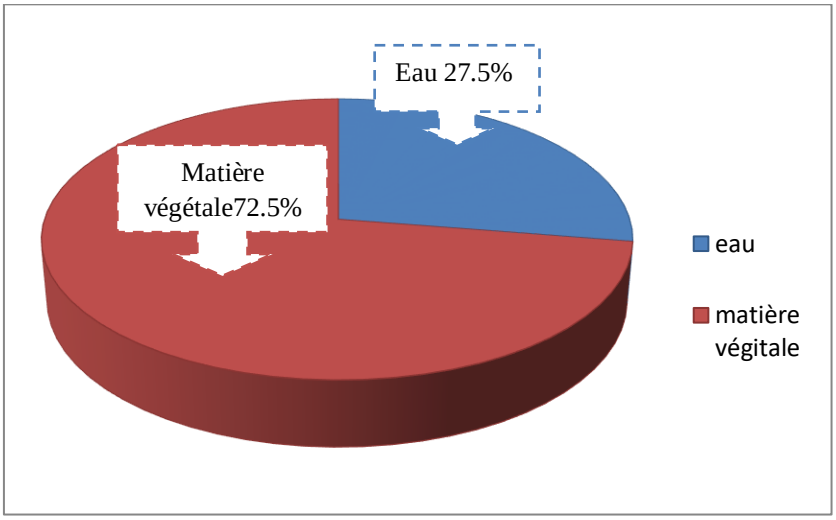


Figure IV.1: Teneur en eau des graines complètes de la courge musquée(butternut).

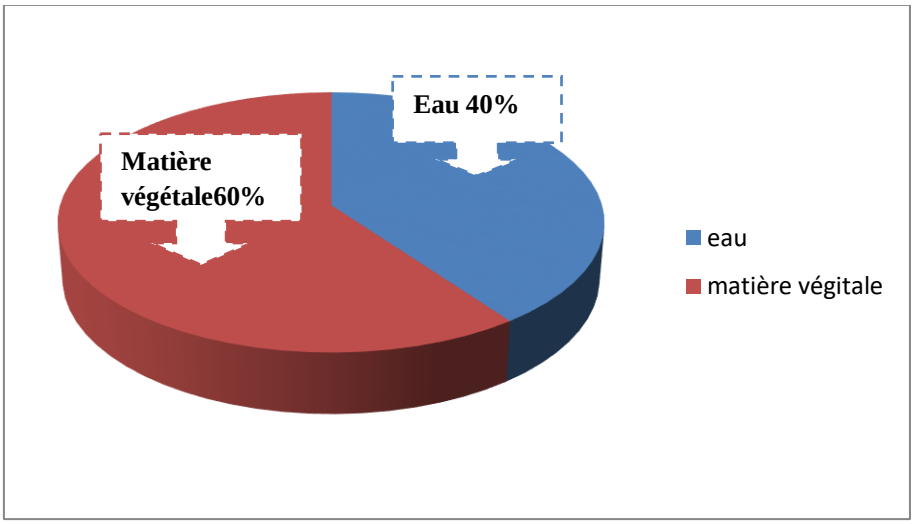


Figure IV.2: Teneur en eau des graines complètes de la citrouille.

Les résultats des teneurs en eau des graines de courge musquée (butternut), et celles de la citrouille séchée à l'air libre pendant 48h sont comparables à celles obtenues par séchage à l'étuve pendant la même durée (figure IV.3). Néanmoins, il est

à remarquer qu'il est probable de sous-estimer la quantité d'eau présente dans nos graines si on se contente d'une durée de 24h de séchage à l'étuve car l'ampleur de la différence en terme du contenu en eau entre les deux variétés étudiées n'apparait pas après un séchage de 24 h à l'étuve. La valeur réelle de toute l'eau contenue ne peut être estimable qu'à 48h de séchage.

Les résultats trouvés présentent une supériorité par rapport à ceux reportés dans un travail de Fedha et al. **[76]** ou l'eau n'excède pas 5.6% dans les graines de courge, mais elles sont comparables par rapport à ceux du **[10].**L'eau que contient le fruit est très importante que celle localisée dans les graines. Ramachandran et al **[77]** ont reporté une teneur en eau de 82.58% du poids total du fruit de Cucurbita.moschata provenant de l'Inde.

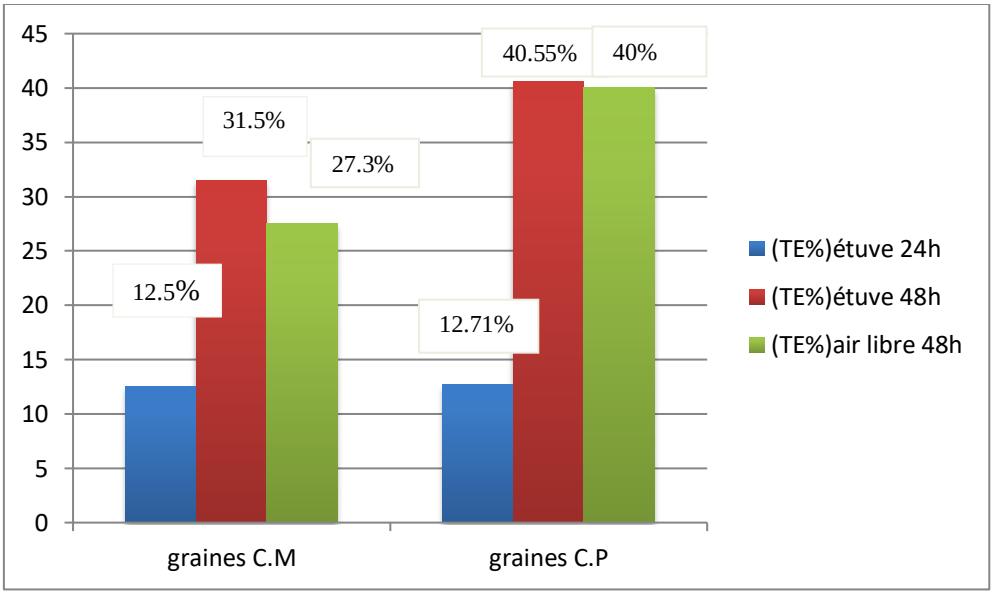


Figure IV.3: Teneur en eau des graines de C.M et C.P

Il a été observé que la présence de l'eau dans les différentes parties des graines du C.P (citrouille) n'est pas uniforme. La pelure des graines contient plus d'eau que la chair des graines (tableau IV-1), cependant pour la courge musquée C.M les teneurs en eau des deux parties de graines séparées s'avoisinent (26.6% pour la pelure et 26.87% pour la chair).

D'après les mêmes résultats, les pelures des graines de la citrouille sont jugées d'être plus riche en eau que les pelures des graines de la courge butternut.

Pour la mesure de la teneur en eau des parties décortiquées des graines, la durée de séchage dans les deux cas à l'air libre ou à l'étuve n'a pas marqué autant d'influence que celle observée pour les graines entières. Cela peut être expliqué probablement par le fait que dans les graines non décortiquées la pelure enveloppe la chair et empêche l'eau contenue dans la chair de s'échapper facilement lors du séchage, ce qui tarde la perte totale de l'eau jusqu'à 48h de séchage.

Tableau IV.1: Teneur en eau des parties des graines(pelures et chairs) de C.M et C.P:

		TE%, air libre 24h	**TE%, étuve 24h**	**TE%, étuve 48h**	**TE%, étuve + air libre**
C.P	**Pelures de graines**	43.12	45.02	45.97	46.44
	Chairs de graines	28.19	28.63	29.07	34.8
C.M	**Pelures de graines**	26.6	26.66	28.44	36.6
	Chairs de graines	26.87	27.27	28.06	29.64

IV.2. Extraction des substances pectiques :

IV.2.1. Aspect des substances pectiques :

Les pectines issues des deux parties de graines sèches (pelure, chair) des deux variétés de courge (citrouille, butternut) ont une couleur marron clair qui tend vers le beige (figure IV.4), la couleur est un peu plus claire quand il s'agit de chair. Une couleur marron pour des pectines extraites à partir des écorces de citrouille a été reportée par Charity U. et al (2016) **[78].**

La contamination de surface, le matériel agricole utilisé et l'erreur humaine sont les majeurs facteurs qui peuvent avoir contribué à la variation de la couleur des pectines**[79].**



Figure IV.4: échantillons des pectines extraites à partir des deux parties des graines sèches (pelure, chair) de deux variétés (citrouille, butternut)

IV.2.2. Rendement des substances pectiques :

L'examen des résultats représentés sur lafigure IV.5des rendements en pectines extraites aux différentes conditions opératoires indiquéessur le tableau IV-2 a permis de noter que :

- Les rendements en pectines extraites des différentes parties des graines sèches(pelure, chair) du fruit de la courge musquée butternut et la citrouille varient de 2,95% à 11,3%. Ces valeurs sont légèrement supérieures à ceux rapportés par Ramanchandran et al (2017) **[77]**qui a enregistré pour la courge musquéeun rendement maximal de 6.32% en utilisant l'eau sous pression. Ce même auteur en 2020**[80]** a rapporté un rendement de 5.33% en utilisant l'eau à chaud. José RR de Souza et al **[81]**ont pu extraire 6.9% de pectine à partir de la pulpe de *Cucurbitamoschata.*Ces différences en rendement ne sont nulle part surprenantes car la quantité de pectine extraite dépend nettement de la partie de la plante, la teneur en eau de la matière végétale, la méthode d'extraction et des conditions opératoires tel que le pH, le temps d'extraction, le mode de chauffage…etc.
- Les pelures des graines de la citrouille et du Butternut contiennent une quantité de pectine plus importante que celle contenue dans les chairs des graines. Cela peut

être dû à la présence non uniforme de pectine dans ces deux parties en termes de sa localisation et de sa quantité.

- Les pelures des graines de la citrouille présentent une richesse en pectine, le meilleur rendement est celui obtenu après 30minutes d'extraction en utilisant un rapport masse végétale/ eau égal à 1/20. Cela fait une part de témoignage de la distribution non uniforme des substances pectiques au sein des mêmes graines.

Tableau IV.2: Rendements dans les différentes conditions opératoires de l'extraction des pectines à partir des différentes parties des graines sèches par l'eau à chaud assistée par le chauffage par induction éléctromagnétique

Matière végétale	**eau (T = 100^{0}C, PH=7)**			
	Partie de graines	t (min)	Rapport Matière végétale /eau distillée	Rendement en pectine (%)
Cucurbita.pepo Citrouille	Pelure	30	1/10	7.4%
		30	1/20	11.3%
		60	1/20	5.4%
	Chair	30	1/10	5.4%
		30	1/20	3.6%
		60	1/20	6.1%
Cucurbita.moschata Butternut	Pelure	30	1/10	8.1%
		30	1/20	6.5%
		60	1/20	7.2%
	Chair	30	1/10	3.1%
		30	1/20	2.9%
		60	1/20	4.6%

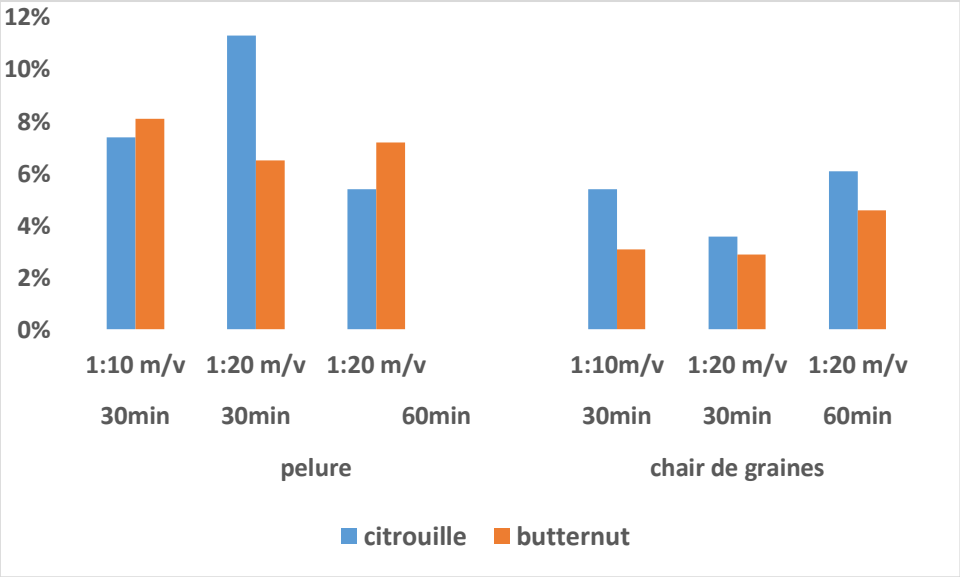


Figure IV.5: Rendement en pectines extraites des différentes parties des graines sèches (pelure, chair) de deux variétés (citrouille, butternut) (eau à chaud T=100° Cassistée par le chauffage par induction éléctromagnétique).

A la lumière des résultats présentés sur la figure IV.6, il est facile à remarquer que pour la citrouille, l'influence du temps d'extraction sur le rendement des pectines extraites à partir des pelures ne suit pas le même sort que celle des chairs. Le rendement de pectine diminue avec une prolongation du temps d'extraction à partir des pelures des graines, tandis que cette prolongation peut avoir un effet favorable sur les rendements des pectines extraites à partir des chairs des graines. Il est probable que par rapport aux chairs des graines, la pectine localisée dans les pelures est facilement soluble dans l'eau et par conséquent rapidement extraite, mais une durée plus longue l'expose plus long temps à la chaleur ce qui provoque sa dégradation thermique. Cette dégradation thermique de la pectine a été aussi décelée dans les travaux de Ramanchandran et al **[77,80],**il a remarqué une forte diminution de rendement en pectine pour une durée d'extraction prolongeant le temps, la même remarque a été relevé par Chandel et al(2016**). [82].**

Pour la courge Butternut on a pu extraire plus de pectine pour une durée de 60min, dans les deux cas : pelure et chair. En prolongeant le temps d'extraction de 30min à 60minle rendement s'améliore de 6.5% à 7.2% pour les pelures et de 2.9% à 4.6% pour les chairs.

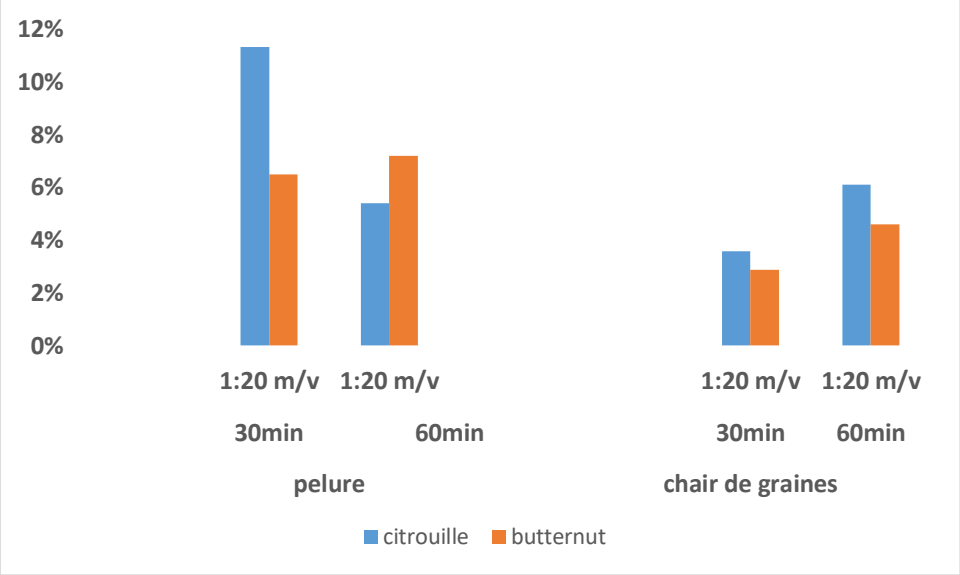


Figure IV.6: : Influence du temps d'extraction sur le rendement des pectines extraites des différentes parties des graines sèches (pelure, chair) de deux variétés (citrouille, butternut) (eau à chaud T=100°C assistée par le chauffage par induction électromagnétique).

L'influence du rapport matière végétale/eau peut être décelée en examinant les histogrammes de la figure IV.7. Cette influence diffère d'une variété à l'autre et d'une partie à l'autre. Il est clair que l'augmentation du volume d'eau d'imprégnation fait activer la solubilisation des pectines résidant dans les pelures des graines de la citrouille, par la suite augmenter la quantité des pectines extraites de celles-ci. Par contre l'action de la bonne imprégnation dans l'eau n'arrive pas à compenser l'action de l'excès d'hydrolyse des pectines solubilisés résultant de la dilution excessive des solutions vu que les substances pectiques des chairs des graines de la citrouille sont probablement présentes en faibles quantités. Pour la courge butternut le rendement en pectine des pelures diminue de 8.10% à 6.5% quand le rapport (m/v) varie de 1/10 à 1/20, tandis que dans le cas des chairs des graines cet effet est moins prononcé. Le rendement passe de 3.10% à 2.90% pour la même variation de (m/v). Cependant la diminution en rendement de pectine provoquée par l'augmentation du volume d'eau par rapport à la masse des pelures de butternut atteint les 20% mais celle dans le cas des chairs n'excède pas 6.45%. Il est possible que pour la fraction des substances pectiques qui réside dans les pelures est du type protopectines fortement liées aux autres composant du tissu cellulaires et le phénomène de dilution excessive est plus

dominant que dans le cas des chairs. Ces fluctuations prennent part aussi d'un témoignage de la distribution non uniforme des pectines dans les différentes parties des graines. Ce type de variation avec m/v a été aussi dévoilé en 2020 par Ramachandran et al **[80].**

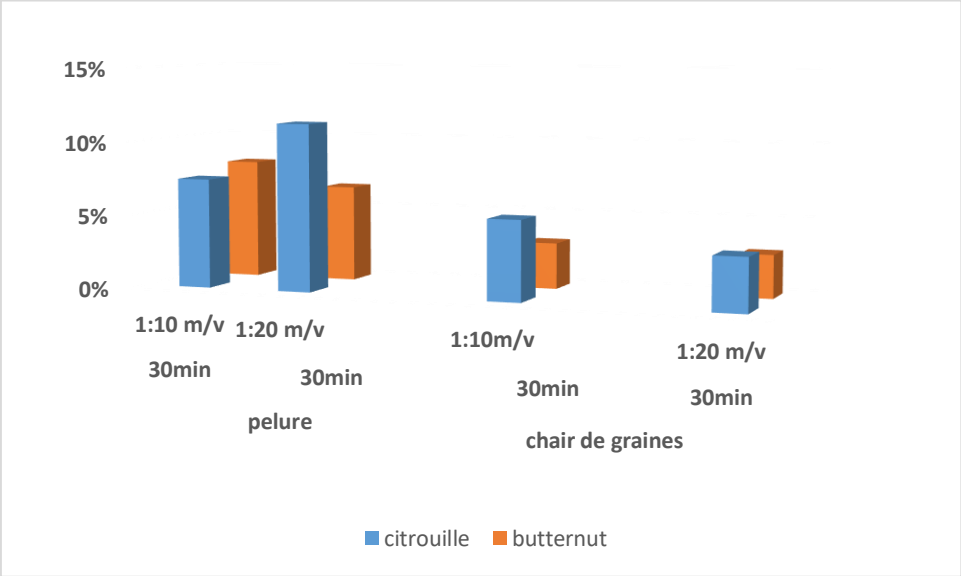


Figure IV.7: Influence du rapport (m/v) sur le rendement des pectines extraites des différentes parties des graines sèches (pelure, chair) de deux variétés (citrouille, butternut) (eau à chaud T=100°C assistée par le chauffage par induction électromagnétique).

Conclusion générale

Conclusion générale

Les pectines, substances polysaccharidiques complexes faisant partie des parois des végétaux leurs extractions de ces derniers a été connue depuis long temps pour des fins agroalimentaires comme agents gélifiant, épaississant, stabilisant et émulsifiant. La quantité ainsi que la qualité de celles-ci dépendent de la variété, du stade de développent et des conditions de leur extraction.

Le présent travail s'est décidé comme objectif la valorisation d'une biomasse agroalimentaire s'agissantdes graines de courge musquée et de citrouille par extraction de leurs contenus en substances pectiques. Les graines décortiquées en deux différentes parties pelureset chairs ont été utilisées pour examiner la localisation majeure de la pectine dans les graines.

Au terme de notre étude nous avons constaté que :

- Les graines de la citrouille sont plus riches en eau (40%) que les graines du butternut (27.5%) et les pelures des graines de la citrouille sont jugées d'être plus riche en eau que les pelures de la courge butternut.
- La présence de l'eau dans les différentes parties des graines du C.P (citrouille) n'est pas uniforme. La pelure des graines contient plus d'eau que la chair des graines, tandis que les teneurs en eau des deux parties des graines séparées s'avoisinent pour la courge musquée C.M (26.6% pour la pelure et 26.87% pour la chair).
- Les graines décortiquées en pelures et chairs peuvent être rapidement séchées et par la suite l'estimation de la réelle teneur en eau dans celles-ci ne nécessitent pas une prolongation de la durée de séchage comme dans le cas des graines entières.
- Les rendements en pectines extraites des différentes parties des graines sèches (pelure, chair) du fruit de la courge musquée butternut et la citrouille varient de 2,95% à 11,3%, ce qui témoigne l'efficacité du mode de chauffage par induction électromagnétique.
- Les pelures des graines de citrouille présentent un rendement en pectine plus élevé que celui des pelures des graines de la courge musquée butternut.

- La présence de pectine est non uniforme dans les graines en terme de sa localisation et de sa quantité car les pelures des graines de citrouille et du butternut contiennent une quantité de pectine plus importante que celle contenue dans les chairs des graines. Les meilleurs rendements de pectine extraites des pelures (graines du butternut 8.1%, et graines de citrouille =11.3%) sont plus élevées que celles des pectines extraites à partir des chairs(butternut =4.6% , et citrouille= 6.1%).
- L'effet du temps et du volume d'imprégnation dans l'eau peut se confronter à des phénomènes compétitifs qui dégradent la pectine extraite. Pour la citrouille le rendement de pectine diminue avec une prolongation du temps d'extraction à partir des pelures des graines, tandis que cette prolongation peut avoir un effet favorable sur les rendements des pectines extraites à partir des chairs des graines, et d'autre part aussi l'action de la bonne imprégnation dans l'eau n'arrive pas à compenser l'action de l'excès d'hydrolyse des pectines solubilisés résultant de la dilution excessive des solutions.

Pour compléter ce qui a été désigné comme objectif de cette étude on propose quelques perspectives :

- Optimisation des conditions opératoires de l'extraction des pectines en utilisant l'eau à chaud assisté par le chauffage par induction électromagnétique.
- Caractérisation physico-chimique des pectines extraites par ce mode.
- Chercher à corréler les caractéristiques et les rendements des pectines extraites avec la variation des conditions opératoires d'extraction par l'eau à chaud assistée par le chauffage par induction électromagnétique.

Références bibliographiques

[1]. Rakotovao Andrianirina Michel(1994-1999). «Contribution à la valorisation des courges et des pommes en marmelade».Diplome d'ingénieur agronomé.

[2]. Smith BD (1997) The initial domestication of Cucurbitapepo in the Americas 10,000 yearsago. Sci 276: 932-934.

[3]. BotineaU M. (2010) Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Ed Tec & Doc, Lavoisier, p722-733.

[4]. Benariba N., Djaziri R., Bellakhdar W., Belkacem N., Kadiata M., Malaisse W.J., Sener A.(2013). Phytochemical screening and free radical scavengingactivity of Citrulluscolocynthiseedsextracts. Asian Pac. J. Tropical Biomed., 3(1): 35-40.

[5]. Gry J., Søborg I., Andersson H.C. (2006). Cucurbitacins in plant food. EkspressenTryk&Kopicenter. Copenhagen. 556: 21.

[6]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Cucurbitaceae,

[7]. Hatam N.A., Whiting D.A., Yousif N.J. (1989). Cucurbitacin glycosides from Citrullus .colocynthis. Phytochemistry, 28: 1268-1271.

[8]. Caili F., Huan S. et Quanhong L. (2006). A review on pharmacological Activities and Utilisation Technologies of pumpkin. Plant Foods for Human Nutrition.61:73-80.

[9]. Vanier P. (2007). La citrouille au fil du temps, Usages culinaires, Conservation, Jardinage biologique, Ecologie et environnement.

[10]. Polèse J.M. (2006). La culture des courges. Edition Artemis.10-76p.

[11]. Laumonnier – (1988) – Culture maraîchère, Tome 1, Lavoisier, 232 p

[12]. Chaux Cl. ; Foury Cl. – (1994) – Productions légumières : légumineuses potagères, légumes fruits, Tome 3, Technique et documentation, Paris, 563 p.

[13]. livre légumes G.j.HGrubbrn (2004)].

[14]. Gagnon J., Riopel-Meunier J. et Riverain M. (2007). Encyclopédie libre: Courge.

[15]. Benalia M. (2016). Etude de la fraction lipidique de quelques graines de Cucurbitacées. Thèse de l'université de Kasdi Merbah Ouergla

[16]. Pahud Y., Tardy M. et Meldem M. (2006). Courge: citrouille et potiron. Edition Cabedita.2-22p.

[17]. Benaicha Y & Boukhouidem F.(2018)<< Extraction de quelques substances macromoléculaire présentes dans l'écorce du cucurbita.moschata>.Master.Universuté Medea

[18]. HaoxinLiEvaluation of bioactivity of butternut squash (Cucurbita moschataD.) seeds and skin

[19]. M. C. Achilonu, I. C. Nwafor, D. O. Umesiobi and M. M. Sedibe(2018). Biochemicalproximates of pumpkin (Cucurbitaeaespp.) and theirbeneficialeffects on the generalwell-being of poultryspecies. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 102 : 5–16.

[20]. Gliemmo M.F., Latorre M.E., Gerschenson L.N., Campos C.A. (2009). Colorstability of pumpkin (Cucurbita moschata, Duchesne ex Poiret) pureeduringstorage at room temperature: Effect of pH, potassium sorbate, ascorbicacid and packaging material. LWT - Food Sci. Technol. 42 : 196–201.

[21]. FlorideliaAguilar-Gutierrez, Irma Leticia Camacho-Hernandez, Nuria Elizabeth Rocha-Guzman, Rubén Francisco Gonzalez-Laredo (2011). Chemical and PhysicochemicalCharacterization of Winter Squash (Cucurbita moschata D.). Not. Bot. Hort. Agrobot .Cluj. 39:34-40.

[22]. Roura S.I., Del Valle C.E., Aguero L. and DavidovichL.A.(2007). Changes in apparent viscosity and vitamin C retentionduring thermal treatment of Butternut squash (CucurbitamoschataDuch.) pulp: effect on ripeninig stage. J. Food Quality. 30 : 538–551.

[23]. PetkovaZh. V. and Antova G.A. (2015). Changes in the composition of pumpkinseeds(Cucurbitamoschata) duringdevelopment and maturation. Grasas y Aceites Int. J. of Fats and Oils. Vol 66, No 1.

[24]. Murillo E., Antonio J. M.M., Falcón P. (2010). Screening of vegetables and fruits from Panama for rich sources of lutein and zeaxanthin. Food Chem. 122 : 167–172.

[25]. Bennetau-Pelissero,C. (2014). Polyphénols et voies de signalisation, données récentes. Cah. Nutr. Diet, 49 : 151-159.

[26]. Zdunić Gordana M., Nebojša R. Menković, Milka B. Jadranin, Miroslav M. Novaković, Katarina P. Šavikin, Jelena Č. Živković (2016). Phenolic compounds and carotenoids in pumpkin fruit and relatedtraditionalproducts. Hem. Ind. 70 : 429–433.

[27]. DragovicVerica-Uzelac, KarmelaDelonga, BrankaLevaj, SenkaDjakovic and JasnaPospisil (2005). Phenolic Profiles of RawApricots, Pumpkins, and TheirPurees in the Evaluation of Apricot Nectar and Jam Authenticity. J. Agric. Food Chem. 53 : 4836–4842.

[28]. Mr. Tebbakh Djaber& Mr. Louahaedj Brahim(2016), «Etude comparative des taux de réussite des greffes chez la tomate (trois variétés hybrides greffées sur deux

variétés de porte-greffes de tomate) ainsi que des taux de réussite des greffes de pastèque (trois variétés de pastèque greffées sur deux variétés de courge) ».. Master en agronomie. UniversitéMostaganem.

[29]. Mia-Isabelle, Bee Lan Lee, MengThiam Lim, Woon-PuayKoh, Dejian Huang, Choon Nam Ong (2010). Antioxidantactivity and profiles of commonvegetables in Singapore. Food Chem. 120 : 993–1003.

[30]. Chanwitheesuk A, Teerawutgulrag A, Rakariyatham N. (2005). Screening of antioxidantactivity and antioxidant compounds of someedible plants of Thailand. Food Chemistry. 92:491–497.

[31]. Bouayed J, Bohn T. (2016). Dietaryderivedantioxidants: implications on health. In: Bouayed J, Bohn T, editors.Nutrition,Well-Being and Health. Croatia: InTech. P: 1–22.

[32]. Kamarudin El Zawane, QamarUddin Ahmed, AbulBashar Mohammed Helaluddin, ZuvaireaNazrenMohdSirajudin, Ahmad Jalal Khan Chowdhury (2014). Studies on bactericidalefficacy of pumpkin (Cucurbitamoschata Duchesne) peel. J. Coastal Life Med. 2014: 146-153.

[33]. Rosa Martha Perez Gutierrez(2016)Review of Cucurbitapepo (Pumpkin) itsPhytochemistry andPharmacology.6(1): 012-021

[34]. Abed El-Aziz, A.; Abed El-Aziz, H. Antimicrobialproteins and oilseeds from pumpkin. Nat. Sci. 2011, 9,105–119

[35]. Belkebla Amina & Makhloufi Nawal(2016)., «Optimisation de l'extraction des composés phénoliques et élaboration d'un yaourt à
base de la courge ». Master. Université Bejaia.

[36]. Fruhwirth G.O. et Hermetter A. (2007). Seeds and oil of the styrian Oil pumpkin: components and biological activities. European Journal of Lipid Science and Technology, 109:1128-1140

[37]. Khennouss Kenza(2015), «Caractérisation de l'huile des graines de Citrouille(Cucurbitapepo) et essai d'incorporation dans la margarine de cevital spa». Master. Université A. Mira – Bejaia..

[38]. Blanchard Olivier.(1981).Output, the Stock Market, and Interest Rates. American Economic Review. Vol 71(1): 132-43

[39]. Hammouche Nassima, Benouadfel Fatima(2011-2012),<< Optimisation de l'extraction des

polyphénols totaux et l'activité antioxydante de deux espèces de courge (Cucurbita pepo et Cucurbita moschata)>> , diplôme d'Ingénieur , Université Abderrahmane MIRA - Bejaia..

[40].https://xibaaru.sn/secrets-de-femmes/8-raisons-de-consommer-graines-decitrouille/

[41]. Filbrandt et Katelyn R. (2012). Effect of Pumpkin Seed Oil Cake on the Textural and Sensory Properties of White Wheat Bread. MS Food & Nutritional Sciences .American Psychological Association, 6ème Edition.

[42]. Deimel T. (2007). Important facts about award-winning styrian pumpkin seed oil and Your health. Retrieved from: www.deimel.biz/_biz/info/pumpkinoil.htm.

[43]. Chait J. (2009). Pros and cons of organic Halloween pumpkins. http://blisstree.com/live/pros-and-cons-of-organic-Halloween-pumpkins

[44]. YounisY.M.H.,GhirmayS.,et Al-Shihry S.S. (2000) . African Cucurbita pepo L. properties of seed and variability in fatty acid composition of seed oil. Phytochemistry, pp : 71–75.

[45]. Balcha, A.(2014) Medicinal plants used in traditionalmedicine by Oromo people, Ghimbi District, SouthwestEthiopia. J. Ethnobiol. Ethnomed. 2014, 10, 1–15.

[46]. Alonso-Castro, A.J.; Dominguez, F.; Zapata-Morales, J.R.; Carranza-Alvarez, C(2015),. Plants used in the traditionalmedicine of Mesoamerica (Mexico and Central America) and the Caribbean for the treatment of obesity. J.Ethnopharmacol. 175, 335–345.

[47]. Rigat, M.; Vallès, J.; Dambrosio, U.; Gras, A.; Iglésias, J.; Garnatje, T(2015). Plants withtopical uses in the Ripollès district (Pyrenees, Catalonia, IberianPeninsula): Ethnobotanicalsurvey and pharmacological validation in the literature. J. Ethnopharmacol., 164, 162–179.

[48]. Asowata-Ayodele, A.M.; Afolayan, A.J.; Otunola, G.A. (2016).Ethnobotanical survey of culinaryherbs and spicesused in the traditionalmedicinal system of NkonkobeMunicipality, Eastern Cape, South Africa. South Afr. J.Bot, 104, 69–

[49]. Jaradat, N.A.; Shawahna, R.; Eid, A.M.; Al-Ramahi, R.; Asma, M.K.; Zaid, A.N. (2016). Herbalremedies use bybreast cancer patients in the West Bank of Palestine. J. Ethnopharmacol., 178, 1–8.

[50]. Meragiaw, M.; Asfaw, Z.; Argaw, M. (2016) The Status of EthnobotanicalKnowledge of medicinal plants and theImpacts of resettlement in delanta, northwesternwello, northe rnethiopia.evid.-basedcomplement.

hindawipublishing corporation Evidence-BasedComplementary and Alternative Medicine Volume 2016, Article http://dx.doi.org/10.1155/2016/5060247

[51]. Anshu Sharma, Anju K Dhiman, SurekhaAttri and Rajni Kant Thakur.(2018).Comparative evaluation of physico-chemicalattributes of different portions of C. moschata and C. maxima species of pumpkin.International Journal of Chemical Studies; 6(2): 3209-3213.

[52]. Dutta D, Chaudhuri UR, Chakraborty, R. (2006). Effect of thermal treatment on the β-carotene content, colour and textural properties of pumpkin. Journal of Food Science and Technology,; 43(6):607-611

[53]. Abdelghani Hassaina(2018). obtention du biopolymère «chitine» apartir du champignon «agaricus bisporus»: extraction et caractirisation. Doctorat.

[54]. Lekbir Adel , «, extraction et appréciation des pectines à partir des écorces d'oranges et de dattes» , Magister .Université El Hadj Lakhder – BATNA. 20/09/2008.

[55]. Michel B., (2002). Conservation par les sucres : confitures, gelées, fruits sur sucre. In : Technologies de transformation des fruits. Technique et documentation-Lavoisier (Ed). Paris, pp 421-425

[56]. Chan S-Y., Choo W.S., Young D-J. et al. (2017). « Pectin as a Rheology Modifier: Origin, Structure, Commercial Production and Rheology ». Carbohydrate Polymers161:118-139.

[57]. https://www.hielscher.com/fr/ultrasonic-pectin-extraction-from-fruit-and-bio-waste.htm

[58]. Boukhorchef Hamid, Zaoui Hamza(2018). «Contribution à la valorisation des biomolécules extraites à partir des graines de citrouille».Master. Université Medea.

[59]. Novosel'skaya I. L., Voropaeva N. L., Semenova L. N., et al. (2000). « Trends in the scienceand applications of pectins ». Chemistry of Natural Compounds 36 (1): 1–10.

[60]. Tilly G. (2010). « Pectines ». Techniques de l'ingénieur 1-11.

[61]. Beelhamri Rachida(2015). « extraction des macromolécules parietales des eaux de presse de betteaves sucrieres etude de composition, de leurs propriétes physico-chimiques et de leur effet sur le process sucrier ». Thèse De Doctorat. Universite de reims champagne – ardenne.

[62]. Melle Sebaoui Ouiza(2018), «Modélisation et optimisation de l'extraction de la pectine à partir du zeste de citron et de son utilisation dans l'encapsulation des composés phénoliques des margines de l'industrie oléicole». Doctorat. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou .

[63]. Walter R. H. (1991). « The chemistry and technology of pectin », AcademicPress, San Diego,276 p.

[64]. Baississe Salima(2009), « Extraction et appéciation des pectines d'écorces d'oranges,de pulpes d'abricots et de pommes». diplôme de magistère. Université El HadjLakhdar Batna.

[65]. Yoo, S.H., Fishman, M.L., Hotchkiss, J., Arland, T., Lee, H.G. (2006). Viscometric behavior of high-methoxy and low-methoxy pectin solutions. Food Hydrocolloids. 20 (1), 62 - 67.

[66]. Oosterveld, A., Beldman, G.B., Schols, H.A., Voragen, A.J. (1996). Arabinose and ferulic acid rich pectic polysaccharides extracted from sugar beet pulp. Carbohydrate Research. 288

(19), 143 - 153.

[67]. Mazoyer, J., Leroux, J., &Bruneau, G. (1999). Use of depolymerised citrus fruit and aplepectins as emulsifiers and emulsion stabilisers. (Vol. 5,900,268). France: SKW Biosystems.

[68]. Mahé Joaquim,(2018) « Thèse de diplôme d'état docteur en pharmacie la pectine app d'un polymère biodégradable dans le domaine de santé».Diplome d'etat de Docteur en pharmacie. Université d'Anges.

[69]. diffusion multi-échelle de pectine méthylestérases dans différents systèmes pectique. Conséquences biochimique et structurales. Thèse de doctorat .par pauline videoq 26.9.2011

[70]. Véronique Brudieux(2007), « Extraction, modification enzymatique et caractérisation chimique de nouvelles structures pectiques. Application de la relation structure / activité à la dermocosmétique ».thèse de Doctorat. Université de Limoges.

[71]. Thibault J.F., Les pectines, Dans : Les polymères végétaux, polymères pariétaux et alimentaires non azotés, Ed Gauthier-Villars, Paris, 1980, 232-251.

[72]. Ralet, M.C., Bonnin, E. and Thibault, J.F., "Pectins. In: Biopolymers vol.8, Polysaccharides II", Steinbüchel, A., Ed, Wiley-VCH VerlagGmbh, Weinheim, (2002), 345-380.

[73]. Fishman M. L., Chau H. K., Hoagland P., et al. (1999). « Characterization of pectin, flashextractedfrom orange albedo by microwaveheating, under pressure ». Carbohydrate research323: 126–138.

[74]. Srivastava P. et Malviya R. (2011). « Sources of Pectin, Extraction and Its Applications in Pharmaceutical Industry − An Overview ». Indian Journal of Natural Products and Resources2(1): 10-18

[75]. Wang W., Ma X., Xu Y., et al. (2015). « Ultrasound-AssistedHeating Extraction of Pectinfrom Grapefruit Peel: Optimization and Comparisonwith the Conventional Method ». Food Chemistry178 : 106-114.

[76]. Fedha MS, Mwasaru MA, Njoroge CK, Ojijo NO, Ouma GO. (2010).Effect of drying on selectedproximate composition of fresh and processed fruits and seeds of twopumpkinspecies. Agriculture and Biology Journal of NorthAmerica.; 1(6):1299-1302.

[77]. Preethi Ramachandran, anjuK.Dhiman and SurekhaAttri . (2017) ‘’Extraction of Pectinfrom Ripe Pumpkin (Cucurbita moschataDuchex.Poir) usingeco-freindly technique’’ Indian journal of ecology 44:685-689.

[78]. Charity U. Ogunka-Nnoka and Mary F. Atinlikou. (2016). Extraction and Characterization of Pectinfromsomeselected non-citrus agricultural foodwastes, Journal of Chemical and Pharmaceutical Research 8(5):283-290.

[79]. V.O. Aina, Mustapha M. Barau, O.A. Mamman, Amina Zakari, HauwaHaruna, M.S. Hauwa Umar and Yagana Baba Abba.(2012) Extraction and Characterization of PectinfromPeels of Lemon (Citrus limon). British Journal of Pharmacology and Toxicology 3(6): 259-262, Grape Fruit (Citrus paradisi) and Sweet Orange (Citrus sinensis)

[80]. PreethiRamachandran, Anju K Dhiman, SurekhaAttri and Tejpreet Kaur.(2020)Influence of Various Factors on Yield and Quality of Pumpkin Pectin Extracted with Water).ChemSciRevLett 9 (34), 388-397.

[81]. José RR de Souza, Jeanny S Maciel, Edy S Brito, et al. (2017)Pectinfrom Cucurbita moschataPumpkinMesocarp. MacromolInd J.;12(3):110.

[82]. Chandel V, Vaidya D, Kaushal M, Gupta A and Verma AK; (2016) .Standardization of eco-friendly technique for extraction of pectinfromapplepomace. Indian Journal of Natural ProductsandResources7(1): 69-73.

[83]. MahmoodAkhtar, Eric Dickinson, Jacques Mazoyer, Virginie Langendorff.(2002) Emulsion stabilizingproperties of depolymerizedpectin. Food Hydrocolloids 16 (3), 249-256.

[84]. Ngouemazong, (2015). The Emulsifying and Emulsion-Stabilizing Properties of Pectin: A Review Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 14(6):n/a-n/aDOI: 10.1111/1541-4337.12160