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 macromoléculaie

Par :

Lamiri sabah
Sellami khadidja

Thème :

Caractérisation des biomolécules extraites de l'espèce *Cucurbita.pepo (citrouille)*

Déposé le : 20 /09 /2020, Devant le jury composé de :

ZOUAMBIA.Yamena	MCA	Univ-Médéa	Présidente
MAACHOU.Hamida	MCA	Univ-Médéa	Examinatrice
MADANI. Leila	MCB	Univ-Médéa	Encadreur

Année universitaire 2019 /2020

الملخص:

من خلال هذا العمل قمنا بدراسة إمكانية استعمال التسخين بالحث الكهرومغناطيسي عوضا عن التسخين الكلاسيكي لتحسين استخلاص محتوى البكتين المتواجد في فواكه اليقطين وذلك باختيار طريقة الاستخلاص بواسطة الماء على الساخن. بالنسبة لاستخلاص المواد البكتينية، درسنا أثر جزء الفاكهة المستعمل على مردود البكتين وكذلك ذلك الخاص بنسبة ك/ح (كتلة المادة النباتية / حجم الماء المستعمل . النتائج أظهرت بأن أحسن مردود كان في القشور ب 38.70% في شروط الإستخلاص (PH=معتدل,100°C, 30دقيقة، ك/ح=10/1) في حين ان أقل مردود كان بالنسبة للب ب 19.30% في شروط الإستخلاص (PH =معتدل , 100° C, 30 دقيقة, ك/ح=20/1)

القيم المختلفة لكميات البكتين المستخلصة بواسطة الماء الساخن باستعمال التسخين بالحث الكهرومغناطيسي دلّت على أن طريقة التسخين المستعملة فعالة لتحسين استخلاص البكتين وأن التغيير في الكتلة وجزء المادة النباتية (قشور و لب) يستطيع التأثير على مردود البكتين المستخلصة.

الكلمات المفتاحية: اليقطين، بكتين ، الحث الكهرومغناطيسي، الاستخلاص بالماء، لب .

Résumé :

A travers ce travail, on a fait l'étude de la possibilité d'utiliser le chauffage par induction électromagnétique au lieu du chauffage classique pour améliorer l'extraction du contenu en pectines résidantes dans les fruits de *Cucurbita pepo*, et cela en optant une extraction avec l'eau à chaud. Pour l'extraction des substances pectiques, on a étudié l'effet de la partie du fruit traité sur le rendement en pectines ainsi que celui du rapport (masse de la matière végétale / volume d'eau utilisée). Les résultats montrent que le meilleur rendement était pour les écorces avec 38.70% dans les conditions d'extraction (PH =neutre ,100°C, 30min, m/v=1/10), tandis que le rendement était très faible pour la pulpe 19.30% sous les conditions d'extraction (PH=neutre ,100°,30 min, m/v=1/20). Les différentes valeurs des quantités de pectines extraites avec l'eau à chaud utilisant un chauffage par induction électromagnétique ont indiqué que le mode de chauffage utilisé est efficace pour améliorer l'extraction des pectines et que la variation de la masse et la partie de la matière végétale (pulpe et écorce) peuvent affecter le rendement en pectine extraite.

mots clés : *Cucurbita pepo*, pectine, induction magnétique, extraction à l'eau, pulpe.

Abstract :

Through this work, we have done a study the possibility of the use of the heating assisted by electromagnetic induction in the place of the classical heating.to ameliorate the extraction of the pectins contain of the *Cucurbita pepo* fruits by choosing the extraction with hot water. For the extraction of pectic substances, we have studied the effect of the part of the fruit used on the pectin yield also the one of the ratio (vegetable mass/ water volume used). The results show that the best yield was for the peels with 38.7% under the extraction conditions (PH =neutre ,100°C, 30min, m/v=1/10), when the lowest yield was for the flesh with 24.5% under the conditions (PH =neutre ,100°C, 30min, m/v=1/20). The different values of extracted pectins quantities with hot water using a heating assisted by electromagnetic induction indicated that the heating mode use is efficient to ameliorate the pectins extraction and that the variation of vegetable mass and fruit part (flesh, peel) can influence the extracted pectin.

Key-words :

Cucurbita pepo, pectin, electromagnetic induction, extraction with water, flesh.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord louange a dieu , Allah , le tout puissant qui m'a donné la santé , le courage et la patience pour terminer ce mémoire

Je tiens à exprimer mes profonds remerciements et ma vive reconnaissance à mes promotrices, madame zouambia y et Madani Leila, qui ont su, à leur façon, me conseiller et m'orienter tout au long de la réalisation de ce travail

Je remercie vivement les membres de ce jury :

Madame zouambia yamina : je suis honorée que vous ayez accepté la présidence jury de ce mémoire.

Trouvez ici l'expérience de mes sincères remerciements et soyez assuré de ma profonde gratitude.

Madame maachou hamida : votre vennue en tant qu'examinateur m'honore, je vous suis très reconnaissante et je vous adresse mes vifs remerciements.

Madame Madani Leila : qui ont su, à leur façon, me conseiller et m'orienter tout au long de la réalisation de ce travail.

SABAH ET KHADIDJA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :
- Aux joyaux de ma vie "mes parents" qui sont la source de ma réussite, je souhaite
qu'ils trouvent à travers ce mémoire le faible témoignage de leurs efforts et sacrifices.
- A mes frères.
- A mes soeurs.
- A toute ma famille lamiri et djellakh.
- Je tiens à remercier l'ensemble de tous les étudiants et étudiantes de ma promotion,
surtout ceux et celles réalisant un magister sans oublier mes amis, manel , ichreck ,lobna, amel, dalila,saida, lyla, Oussama …

SABAH

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :
- Aux joyaux de ma vie "mes parents" qui sont la source de ma réussite, je souhaite qu'ils trouvent à travers ce mémoire le faible témoignage de leurs efforts et sacrifices.
- A mes frères.
- A mes soeurs.
- A toute ma famille sellami.
- Je tiens à remercier l'ensemble de tous les étudiants et étudiantes de ma promotion, surtout ceux et celles réalisant un magister sans oublier mes amis, dalila,saida, lyla …

khadidja

Sommaire

INTRODUCTION

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Généralités ……3

I.1 Les cucurbitacées ……3

I.1.1 Aperçu et origine……...3

I.1.2 Classification botanique du genre *Cucurbita*……..*7*

I.1.3 Différentes variétés en Algérie ……8

I.1.4 La citrouille (*Cucurbita. Pepo*) ……..10

I.1.4. a Classification botanique ……..11

I.1.4. b Description botanique.....11

I.1.5-c composition de la citrouille ……13

I.2 Les pectines ……....16

I.2.1 La paroi végétale ……16

I.2.2 les polysaccharides ……..17

I.2.2-1Définition……...17

I.2.2-2 Classification des polysaccharides……...17

I.2.2-3 Propriétés et utilisation des polysaccharides ……....18

I.2.3 Les substances pectiques ……19

I.2.3-1 Historique……..19

I.2.3-2 Définition……...20

I.2.3-3 Origine et structure chimique……....20

a) homogalacturonane_……..21

b) Rhamnogalacturonane I (RGI)……..21

c) Rhamnogalacturonane II (RGII)……....22

d)Xylogalacturonanes ……...23

I.2.3- 4 Les types de pectines……25

I.2.3-5 Caractérisation macromoléculaire de la pectine ……....26

I.2.3-6 Extraction des pectines ……..27

Extraction chimique…….....28

Extraction enzymatique……28

Extraction physique …….29

I.2.3-7 Propriétés des pectines …….30

Solubilité des pectines …….30

Stabilité……30

Les réactions de β-élimination……31

Propriétés de gélification……..…32

Propriétés émulsifiantes……...…33

I.2.3- 8 Domained'applicationdes substances pectiques ……...33

Industrie pharmaceutique……... 33

Industrie cosmétique ……..34

Industrie cosmétique ……..34

Chapitre II : Matériels et méthodes

II .1 Introduction …….....36

II.2Produits et matériels……...36

II.3Préparation de la matière végétale …….37

II.3.1 Séchage et broyage…….....37

II.3.2 Tamisage……....38

II.4Déterminations de la teneur en eau :……..38

II.5Extraction des substances pectiques :……....39

II.6Le rendement d'extraction de pectine ……...41

Chapitre III : résultats et discussions

III.1 La teneur en eau ……....43

III.2 Extraction des pectines …….46

III.2.1Aspect général des pectines extraites …….46

III.2.2.Rendement de pectine ……....46

Conclusion…….49

Référence ……...……51

Liste de figure

Chapitre I :

Figure I.1 : différentes variétés de la famille des cucurbitacées…….. **5**

Figure I.2 :(a)fruit entier d'une citrouille, (b) coupe transversale d'une courge……..**13**

Figure I.3 : Représentation schématique de la paroi végétale……**16**

Figure I.4 : Constituants des parois cellulaires végétales……**19**

Figure I.5 : Structure de la pectine ……**20**

Figure I.6 : Structure Homogalacturonane ……**21**

Figure I.7: Structure RhamnogalacturonaneI ……**22**

Figure I.8 : Structure de Rhamnogalacturonane II……**23**

Figure I.9 : structure de Xylogalacturonanes ……**23**

Figure I.10 : Représentation schématique de la structure primaire des pectines……**24**

Figure I.11 : Structure de pectine HM (hautement méthylées**)**……...**26**

Figure I.12 : Structure de pectine LM (faiblement méthylées)……..**26**

Figure I.13 : Stabilité de la pectine……**31**

Figure I.14 : Réaction de β-élimination……....**31**

Chapitre II :

Figure II .1 : Le fruit de la citrouille……**37**

Figure II .2 : A/ La pulpe de la citrouille séchée et découpée**, B/** Les écorces de la citrouille séchées et découpées**, C/** Broyage de la matière végétale par une moulinette électrique**, D/** Stockage de la matière végétale broyée en flacon……...**38**

Figure II.3 : Protocole expérimental d'extraction des pectines à partir des pulpes et des écorces de la citrouille……..**40**

Chapitre III :

Figure III.1 : Différentes mesures de la teneur en eau des écorces de la citrouille par différents modes de séchage et pendant deux périodes de séchage (24h-48h)……**44**

Figure III.2 : Teneur en eau des écorces de la citrouille obtenue après 48h de séchage à l'air libre**…….45**

Figure III.3 : Teneur en eau de la pulpe de la citrouille obtenue après 48h de séchage à l'air libre**……45**

Figure III.4 : La pectine séchée extraite à partir de : **A/**écorces, **B/**pulpe**……..46**

FigureIII.5: Influence du rapport (m/v) sur le rendement des pectines extraites des différentes parties (écorces, chair) de la variété citrouille (eau à chaud T=100°C assistée par le chauffage par induction magnétique, t=30min) **……..48**

Liste des tableaux

Chapitre I :

Tableau I-1 : Description générale de quelques principaux genres de la famille des Cucurbitacées **……4**

Tableau I-2 : Aspect morphologiques des principales variétés de la famille des Cucurbitaceae**……6**

Tableau I.3 : Classification botanique du genre *Cucurbita***……...7**

Tableau I.4 : Les principales espèces et variétés de la courge**……..9**

TableauI-5 :caractères morphologiques de quelques variétés l'espèce *Cucurbita.pepo***…….10**

Tableau I.6: classification botanique du C.pepo**……..11**

Tableau I-7 : Illustrations botaniques de quelques organes de la citrouille (*Cucurbitapepo*)**……12**

Tableau I.8: composés nutritifs dans les graines, la chair et l'écorce de la citrouille**…….14**

Tableau I.9 : Composition minérale de la citrouille**……14**

Tableau I.10: Principaux agents antioxydant**…….. 15**

Tableau I-11: Les types essentiels des polysaccharides**……18**

Tableau I-12 : Teneur en substances pectiques de quelques végétaux**……...25**

Tableau I-13 : Propriétés des pectin**es** issues de quelques types d'extraction**……...29**

Chapitre II :

Tableau II.1 : Matériels et Produits utilisés**……36**

Tableau II-2 : Différentes conditions opératoires de l'extraction des pectines à partir de la citrouille**……41**

Chapitre III :

Tableau III-3 : Rendements dans les différentes conditions opératoires de l'extraction des pectines du fruit de la citrouille par l'eau à chaud assistée par le chauffage par induction électromagnétique**……47**

.

Liste des abréviations

C.pepo: Cucurbitapepo

HG: homogalacturonane

RG I: rhamnogalacturonane I

RG II: rhamnogalacturonane II

XGA : xylogalacturonane

Gal A : acides galacturoniques

Rha : unités rhamnosiques

DM : degré de méthylation

HM : pectine hautement méthylées

LM : pectine faiblement méthylées

L.M.A: Löw methylatedamidated pectines

Dac : Le degré d'acétylation

DE : degré d'estérification

KDa : kilo Dalton

M : mole/L

EDTA : acide éthylène-diamine-tétra acétique

CDTA : trans-1,2-diaminocyclohexane-N, N, N', N'-tetraacetic acide

T : la teneur en eau

R : le Rendement

T° : la température

Introduction

La pectine de part de son importance capitale dans la bioraffinerie émergente qui représente un moyen fortement économique utilisant les déchets des fruits comme matière première, et de part aussi de ses propriétés chimiques uniques, son activité biochimique et de son pouvoir nutritif, suscite amplement l'intérêt des recherches scientifiques et des industries.

Un certain nombre de méthodesa été essayé pour l'extraction de la pectine à partir de diverses sources végétales. Bien que la pectine se produit couramment dansla plupart des tissus végétaux, mais le nombre de sources pouvant être utilisées pour la fabrication commerciale est limité. De ce fait la production se rend plus faible par rapport à la consommation croissante continuellement. L'orientation de la recherche vers le criblage de nouvelles pistes d'approvisionnement en pectines pour compenser les besoins domestiques et régionales est une tâche importante de la science et de l'industrie. Parmi les nouvelles sources de pectines : écorces de l'oignon, feuilles de tabac, papaye, mangue, les graines de café et les fruits de citrouille.

Le *Cucurbita.pepo*, une espècelargement connue par l'une de ses variétés appelée citrouille est un fruit très nutritif cultivé dans tous les continents et constitue une culture végétale traditionnelle ayant une grande importance nutritionnelle et économique. Cultivée pour ces fruits et ses graines qui renferment des molécules bioactives lui offrant plusieurs propriétésphysiologiques bénéfiques ; des propriétés protectrices majeures,des activités immunologiques et d'autres activités pharmacologiques.

En raison dela grande abondance et du faiblecoût confiés à la citrouille comme étant une source d'extraction des pectines, ces derniers revêtent la qualité des produits à grandes valeurs ajoutées avec un coût très faible.

L’efficacité des extractions employant le chauffage assisté par induction magnétique a été dévoilé depuis au moins une décennie,cette extraction est généralement considérée comme étant une méthode beaucoup plus rapide pour extraire les biomolécules de meilleurs qualité.

Dans ce volet d’intérêt, notre travail vient de s’inscrire pour l’utilisation du chauffage par induction électromagnétique pour assister l’extraction par hydrolyse à chaud afind’extraire le maximum des pectines contenues dans les écorces et la pulpe de la citrouille.

Nous avons subdivisé notre travail en deux grandes parties : La première partie propose une mise au point bibliographique sur l’espèce étudiée le *Cucurbita pepo* en recensant ses caractères botaniques, sa composition et son importance. Nous présenterons aussi une rubrique bibliographique sur la pectine prenant en compte de sa présence dans la plante, sa composition chimique, son utilisation ainsi que les différents modes de son extraction.

La deuxième partie de ce travail décrit le matériel et les méthodes utilisées au cours de la réalisation le côté pratique de ce travail et enfin les résultats obtenus sont présentés et discutés dans la troisième partie. Une conclusion générale vient à la fin pour rassembler tout ce qui ressort de cette étude avec quelques visions perspectives.

I. Généralités :

I.1 Les cucurbitacées :

I.1.1 Aperçu et origine :

Les cucurbitacées constituent, une famille de plantes dicotylédones répondues dans tous les pays du monde et connue par ses fruits diverses: courges, citrouilles, melons, concombres, (curcumas), pastèques et d'autre. Ceux sont des plantes cultivées, potagères ou d'ornement.
Elles sont des plantes herbacées originaires des zones tropicales d'Amérique. En raison de leur contenu élevé en nutriments, leur présence et utilisation dans l'alimentation humaine s'est développée remarquablement depuis qu'elle sa découverte au Mexique 7000 ans avant notre ère**.[1]**

Une grande diversité génétique réside sous l'abri de cette famille, qui comprend environ 120 genres tropicales et subtropicales dont les principaux sont **[2]**

- Gurania (75 espèces),
- Sicyos (50espèces),
- Momordica (45 espèces),
- Cayaponia (45 espèces)
- Cucumis (32 espèces)
- Cucurbita (24 espèces).

Les genres les plus connus et les plus répandus sont Citrullus, Cucumis (tableau I-1) et Cucurbita**.[3]**

Tableau I-1 : Description générale de quelques principaux genres de la famille des Cucurbitacées

genre	Description	photo
citrullus	L'espèce la plus connueestCitrulluslanatus. Les pastèquessontoriginairesd'Afrique De l'ouest. Le port est rampant et le feuillagetriangulairefinementlobé. Le fruit a uneformesphérique, plus oumoinsoblongue de 30 à40 cm de diamètre. L'épidermeestlisse et vertfoncé. La chair est rose ou blanche. Les grainessontnoires. Ce sont de gros fruits juteux et rafraichissants, se consommant crus.	
Cucumis	Regroupedeuxespècestrèsdifférentes : les melons Cucumismelo les concombresCucumissativusvientd'Afriqueintertropicaleou du Proche-Orient. Le fruit a uneformesphérique à allongée. L'épidermelisse, brodéou plissé, de vertclair à jaune. La chair est blanche, vertclairouorangée. Les grainessontaplaties, de couleur beige.	

Toutes les espèces du genre Cucurbita sont originaires des régions tropicales d'Amérique **[4].** Les trois principales espèces domestiquées *Cucurbitapepo, Cucurbita maxima* et *Cucurbita moschata* sont désormais cultivées dans tous les continents **[5]**. (figure I.1)



Figure I.1 : différentes variétés de la famille des cucurbitacées.[6]

Le genre Cucurbita est doté d'une variabilité génétique qui se traduit généralement en fruits par une différence de leur aspect morphologique peut varier d'une variété à une autre au sein d'une même espèce (tableau I-2).

Tableau I-2 : Aspect morphologiques des principales variétés de la famille des Cucurbitaceae**[7]**

Espèces	Forme	Couleur	Pédoncule des fruits	photo
Benincasa	Oblongue ou en forme de toupie. Lisse	Peau verte, souvent recouverte d'une sorte de prune blanche Chair blanche	Pédoncule mince, poilu, long, muni d'une dizaine de côtes très peu marquées	
Ficifolia	Pratiquement sphérique. Lisse à légèrement granuleuse.	Peau vert foncé avec des taches blanchâtres Chair blanche	Pédoncule assez mince, anguleux (6 à 7 côtes), s'évasant légèrement au point d'insertion sur le fruit.	
Lagenaria	En forme de bouteille, cylindrique, très longue. Lisse	Peau vert clair à vert foncé, parfois avec des taches blanches Chair blanche	Pédoncule mince, muni de 5 côtes élargies au point d'insertion sur le fruit.	
Maxima	Sphérique aplatie, oblongue, en forme de toupie ou de banane. Lisse, granuleuse à verruqueuse, à côtes arrondies (10) bien marquées ou peu profondes.	Peau Unie : blanche, jaune, orangée, rouge, rose,bleue. Bicolore : bleu et rose, vert et jaune ou orange Chair : jaune foncée à rouge brique	Cylindrique et spongieux. Plus gros que la tige	

Mixta	Cylindrique, oviforme ou piriforme. Lisse	Peau Unie : blanche, jaune, verte Bicolore : vert et blanc, vert et jaune, vert clair et vert foncé Chair :blanche, blanche rosée, crème, jaune	Légèrement anguleux, s'évasant légèrement au point d'insertion sur le fruit. Parfois gros, cylindrique et liégeux.	
Pepo	Cylindrique, oblongue, piriforme, sphérique, en soucoupe ou oviforme Lisse, granuleuse ou verruqueuse Côtes (10) peu marquées, très profondes et anguleuses.	Peau : Unie : blanche, jaune ,verte, orange Bicolore : crème et vert, vert et jaune, vert et blanc Chair : blanche à orangée	Très dur à maturité. Long et anguleux, à 5 côtes qui ne s'élargissent pas au point d'attache mais semblent s'étendre sur le fruit	 

.

I.1.2 Classification botanique du genre *Cucurbita*:

Classiquement le genre *Cucurbita* est botaniquement classé comme montré sur le tableau I.3

Tableau I.3 : Classification botanique du genre *Cucurbita* **[8].**

Règne	Plantae
Division	Manoliophyta
Classe	Magnoliopsida

Famille	*Cucurbitaceae*
Genre	*Cucurbita*

I.1.3 Différentes variétés en Algérie :

Dans le monde entier, la consommation des fruits de Cucurbita ne cesse d'augmenter **[9]**. En Algérie, Selon les services agricoles, les superficies consacrées à cette culture ont atteint durant la saison écoulée environ 400 hectares dans chaque Wilaya, soit une production globale d'environ plus de 44.000tonnes **[10]**.

Plusieurs variétés appartenant au genre *cucurbita* sont cultivées en Algérie on cite celles qui connaissent une large culture :

- Courge Musquée de Provence (*Cucurbitamoschata*)
- Potiron rouge vif d'Etampes (*Cucurbita maxima*)
- Potimarron (*Cucurbita maxima*)
- Butternut (*Cucurbita moschata*)
- Citrouille (*Cucurbita pepo*)

Ces variétés appartenant à plusieurs espèces du même genre enregistrent des morphologies distinctes surtout concernant leur fruits (tableau I-4).

Tableau I.4 : Les principales espèces et variétés de la courge **[11].**

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

	Potimarron	

I.1.4 La citrouille (*Cucurbita. Pepo*) :

Dans le langage courant, le terme citrouille est souvent confondu avec (potiron) qui n'est pas de l'espèce *cucurbita pepo* mais une autre courge d'espèce *cucurbita maxima.*

Le *Cucurbita pepo* est une espèce très répandue de la famille des cucurbitacées, 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**[12] (**tableau I-5)

La citrouille est de couleur orange de la forme sphérique, son pédoncule est dur et fibreux, avec 5cotes nettement anguleuses.

Tableau I-5 : caractères morphologiques de quelques variétés de l'espèce *Cucurbita.pepo***[13]**

Espèces	Forme	Couleur	Pédoncule des fruits	photo
Cucurbita. Pepo	Cylindrique, oblongue, piriforme, sphérique, en soucoupe ou oviforme Lisse, granuleuse ou verruqueuse Côtes (10) peu marquées, très profondes et anguleuses.	Peau : Unie : blanche, jaune ,verte, orange Bicolore : crème et vert, vert et jaune, vert et blanc Chair : blanche à orangée	Très dur à maturité. Long et anguleux, à 5 côtes qui ne s'élargissent pas au point d'attache mais semblent s'étendre sur le fruit	  

I.1.4. a Classification botanique :

La classification de la citrouille est représentée dans le tableau I-6 :

Tableau I.6: classification botanique du C.pepo**[14]**

Règne	plantae
Division	Manoliophyta
Subdivision	Spermatophytes
Ordre	Cucurbitales
Famille	Cucurbitaceae:
Genre	Cucurbita
Espèce	*Cucurbita.pepo*
Nom vernaculaire	Calebasse
Nom français	Citrouille
Nom latin	*Cucurbitapep*o

I.1.4. b Description botanique [12, 15] :

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, cordiformes, à nervation palmées, formant cinq lobes arrondis avec de grandes fleurs (5 à 10 cm) pentamères, unisexuées, de couleur jaune. Le fruit est une grosse baie volumineuse avec une chaire épaisse de couleur jaune orangé, renfermant de nombreuses graines dans une pulpe spongieuse. Ses graines sont aplaties, de forme ovale, blanchâtre. Les différents organes de la citrouille (*Cucurbitapepo*) sont illustrés dans le tableau I-6.

Tableau I-7 : Illustrations botaniques de quelques organes de la citrouille (*Cucurbitapepo*)**[16]**

organe	**Description**	**photo**
Feuilles	grandes, cordiformes, à nervation palmées, triangulaire très lobée formant cinq lobes arrondis, La présence de phloème interne à la périphérie de la moelle est un caractère remarquable. Ce phloème supplémentaire permet de conduire la sève produite au niveau des feuilles vers les fruits en formation **[ ]**(Dupont & Guignard, 2015).	
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 [8] 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 et nettement marginées, parfois ailées, ex albuminées, à embryon droit, à cotylédons charnus et épais. Elles sont riches en huile **[ ]**(Botineau, 2010).	

I.1.5-c composition de la citrouille :

La citrouille se compose d'une coque supérieure, de la pulpe et de 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 %. La figure I.2 représente un fruit entier est une coupe transversale d'une courge.

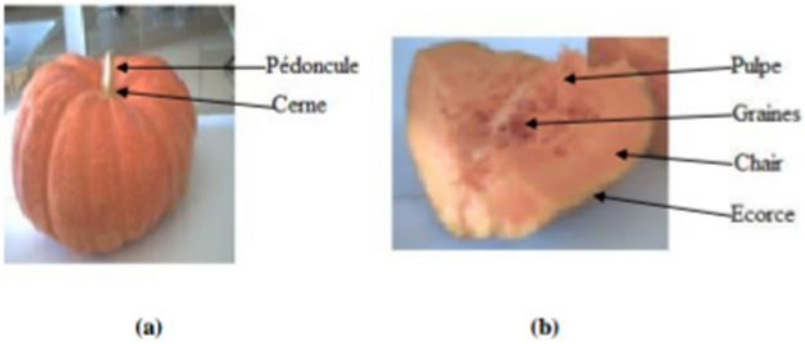


Figure I.2 :(a)fruit entier d'une citrouille, (b) coupe transversale d'une courge

La composition chimique de *Cucurbitapepo*comprend des : protéines, fibres, lipides, caroténoïdes tel que β-carotène, alcools (cucurbitol, polyalcool), acides carboniques, acides aminés (citrulline et cucurbitine), chlorophylle, glucides et minéraux (phosphore, calcium, magnésium, fer, cuivre et sélénium) **[15].**

Tandis que les graines contiennent de 35 à 55 % d'huile et de 30 à 40% de protéines, ainsi que les vitamines tel que : la vitamine E, la vitamine A, les vitamines de groupe B (B1, B2, B6), la vitamine C et la vitamine D **[17]**.L'huile des graines de *Cucurbitapepo* est une huile alimentaire, elle présente une haute valeur nutritive. Elle est utilisée comme supplément alimentaire, par sa richesse en acides gras essentiels. Une exposition à la chaleur entraine un développement d'un gout de rance, suite une oxydation des acides gras et cette huile ne convient plus à la cuisson **[18].** Cette huile possède une forte activité antioxydant **[19].** Ce qui peut expliquer la capacité préventive exceptionnelle contre l'hypertension et les maladies

cancérigènes **.[20]**

Les quantités des nutriments se trouvent à des quantités variables dépendant de la partie du fruit considérée (tableau I.8).

Tableau I.8: composés nutritifs dans les graines, la chair et l'écorce de la citrouille **[21]**

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.9).

Tableau I.9 : Composition minérale de la citrouille **[22]**

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

La citrouille qui est un fruit très nutritif, il renferme des molécules bioactives. La gamme importante d'éléments bénéfiquesdans les graines, contribue à traiter les problèmes liés à la prostate, vessie et empêcher la formation des calculs rénaux. Ainsi, elles sont connues pour leurs effets préventifs naturels contre l'ostéoporose **[23].**

La composition phytochimique de la citrouille est riche en caroténoïdes, cucurbitosides, multiforanes et en scalènes (583.2-747mg/100g). 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.10).

Tableau I.10: Principaux agents antioxydant **[21]**

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

I.2 Les pectines :

I.2.1 La paroi végétale :[25 ,26]

La paroi végétale est considérée comme un empilement de plusieurs couches constituées de 4 familles de polymèresselon une association spécifiquequi va conférer à la paroi pectocellulosique ses propriétés mécaniques :

- Lignine (Polymère non polysaccharidique),
- Hémicelluloses,
- Pectines
- Celluloses.

Ainsi, la paroi végétale peut être divisée en trois parties (Figure I.3) :

- ✓ La lamelle moyenne qui est la plus externe constituant une couche qui sépare les cellules entre elles.Elle est riche en pectine et dépourvuede cellulose.
- ✓ La paroi primaire de type I (pour les plantes dicotylédones) composée de cellulose, d'hémicellulose et de pectines. Elle est à la fois rigide même si elle est plus souple.
- ✓ La paroi secondaire constituée d'un réseau de cellulose, d'hémicellulose et de lignine.

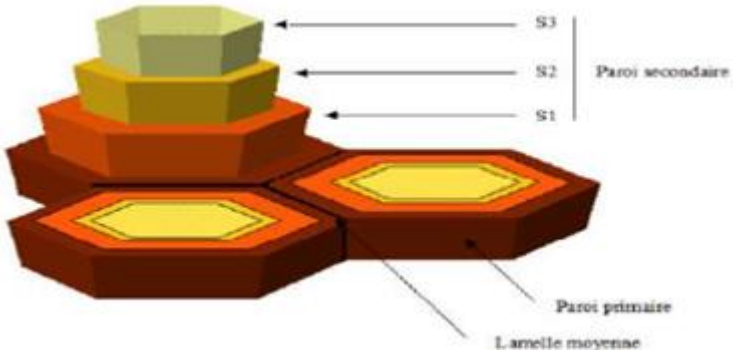


Figure I.3 : Représentation schématique de la paroi végétale [27]

I.2.2 les polysaccharides :

I.2.2-1Définition :[28 ,29 ,30]

Les polysaccharides appelés les polyosides ou les glucanes sont de longues chaines polymères de monosaccharides liés entre eux par des liaisons glycosidiques et sans taille moléculaire définit, ces chaînes peuvent être linéaires ou ramifiées.

Le terme polysaccharide est utilisé pour désigner indifféremment les oligosaccharides, les polysaccharides et leurs mélanges. Ils sont d'origine végétale ou microbienne et animale. Ils possèdent des structures chimiques assez variées.

I.2.2-2 Classification des polysaccharides[31] :

Selon leur squelette on distingue deux catégories de polysaccharides :

- ✓ Les homopolysaccharidesmême monosaccharide
- ✓ Les hétéro polysaccharides formés de différents monosaccharides**.**

Selon leur charge électrique, on distingue trois types essentielsde polysaccharides (tableau I-11):

- Cationique
- Neutre
- Anionique

Tableau I-11: Les types essentiels des polysaccharides[32]

Type	**polysaccharides**	**sources**
cationique	Chitosane chitine	Animale
neutre	I ‘amidonLa cellulose Le pullulane,La gomme de gaur	Végétale Végétale Bactérienne végétale
anionique	L’acide hyaluronique L’alginate de sodiumCarraghénane La pectine	Animale Algale Algale végétale

I.2.2-3 Propriétés et utilisation des polysaccharides :

Les polysaccharides sont, en général, non toxiques, biodégradables et biocompatiblespuisqu’ils sont issus des ressources renouvelables. Ils sont fréquemment utilisés dans les produits cosmétiques etpharmaceutiques. Ce sont des épaississants et des gélifiants. Ils ont le pouvoir de former des films, de moduler la libération médicamenteuse, de régénérer les tissuset de piéger les molécules toxiques et comme des stabilisants, des agents de suspension, des filmogènes, des agents d'aération, des floculant, des liants, des émulsifiants, des lubrifiants, des agents de texture et de structuration**. [29]**

Les polysaccharides de la paroi végétale représentent jusqu’à 90 % en masse des constituants pariétaux et sont qualifiés de polysaccharides pariétaux, ces polymères interagissent entre eux et forment de véritables réseaux **[33]**(Figure I.4).

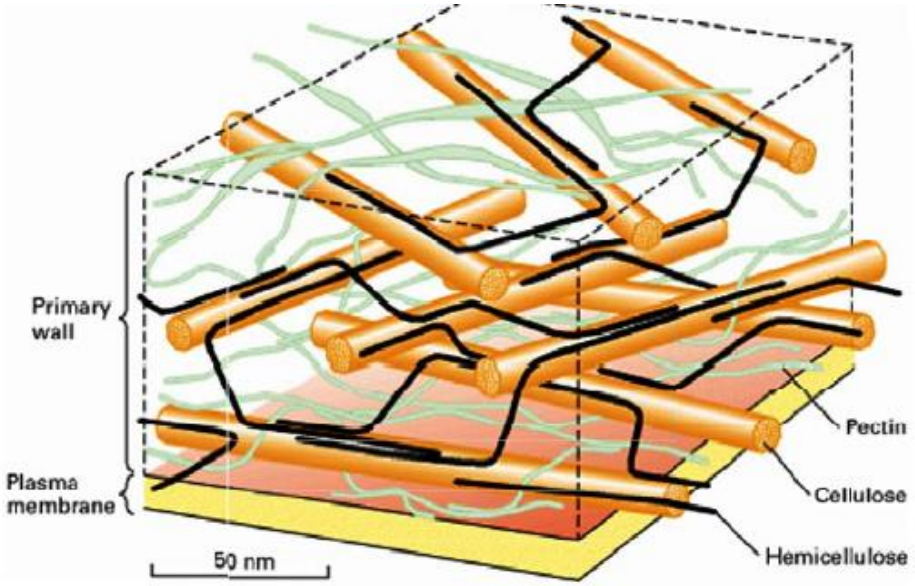


Figure I.4 : Constituants des parois cellulaires végétales

I.2.3 Les substances pectiques :

I.2.3-1 Historique :[27 , 34, 35]

- **En 1825** que le chimiste français Bracconot isola pour la première fois des composés particuliers à partir d'extraits de fruitqui gélifient en milieu sucré et acide, et donna le nom de pectine du grec pektos signifiant « prise en gelée ».
- **En 1924**Smolensk rapporta 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.
- **En 1937**Schneider et Bock ont en établi la formule
- Depuis le début du **XXème siècle**, les pectines sont produites industriellement et sont utilisées comme agent gélifiant des denrées alimentaires.

I.2.3-2 Définition:

Les pectines sont des polyosides complexes entrant dans la composition des parois cellulaires de la plupart des végétaux supérieurs.**[36].**

Les pectines forment une famille de polysaccharides riches en acide galacturonique (GalA) avec des caractéristiques communes, mais extrêmement diverses dans leur structure**[37].**

Elles peuvent être composées de plus de 17 monosaccharides différents, contenir plus de 20 types de liaisons différentes et être estérifiées par des groupes méthyl, acétyla et féruloyl**[38].**

Les pectines sont abondantes dans les fruit **[39]** et évoluent avec la maturation destissus**[40]),** et peuvent êtrelargement utilisées dans l'industrie alimentaire comme épaississants, gélifiants et émulsifiants dans l'élaboration des confitures, des gelées, des jus de fruits, des desserts et des produits laitiers**[41].**

I.2.3-3 Origine et structure chimique :

Les substances pectiques sont présentes dans tous les végétaux, localisées dans la lamelle moyenne et la paroi primaire des cellules ou elles jouent le rôle de ciment intercellulaire et responsables de la rigidité et de la cohésion. **[42].**

La molécule de pectine se présente sous la forme d'un polymère linéaire d'acide D-galacturoniques joints en α (1-4) par une liaison glycosurique le long la chaine principale, est présente toute une série de substitution qui en font rarement une structure homogène (figure I.5) **[43]**

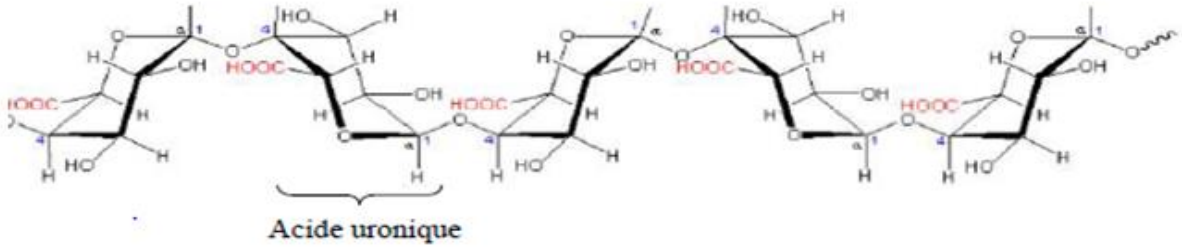


Figure I.5 : Structurede la pectine**[44]**

La variabilité structurale des pectines en fait l'un des polysaccharides pariétaux les pluscomplexes. On peut les diviser en deux sous-catégories :

- Les substances pectiques acides homogalacturonane (HG), rhamnogalacturonane de types RGIet RGII),Xylogalacturonane(XGA)

- Les substances pectiques neutres (arabinanes, galactanes, arabinogalactanes) associées de manière covalente aux rhamnogalacturonanes au sein de la macromolécule pectique **[43].**

a) homogalacturonane :

Le composé de chaine linéaire des résidus α-1,4-Gal A qui sont souvent méthylestérifié sur la position C-6 et peuvent être acétylés sur la position O-2 et / ou O-3 **[34].**Elles forment la zone lisse des pectines. Le méthyl-estérification des régions homogalacturonanesdétermine dans unelarge mesurel'application industrielle des pectines et leur capacité d'interaction. En effet, de nombreuses propriétés et fonctions biologiques des pectines sont déterminées par une interaction ionique entre régions homogalacturonanes(figure I.6)**[45].**

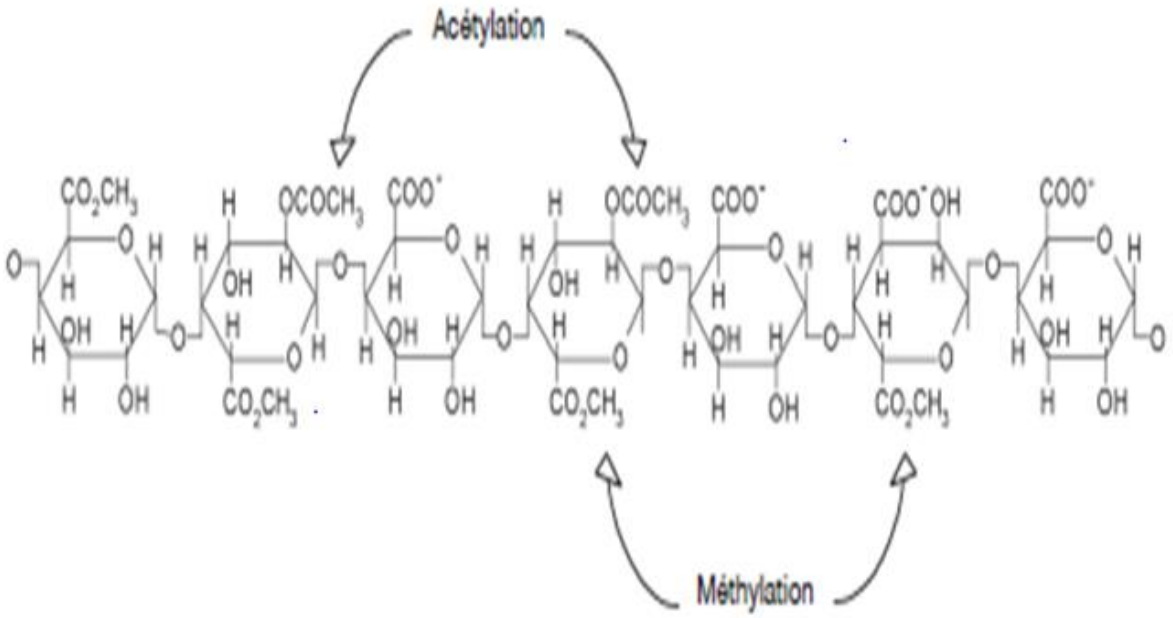


Figure I.6 : Structure Homogalacturonane **[45].**

b) Rhamnogalacturonane I (RGI) :

Se compose d'un squelette ayant le disaccharide [α-1, 4-Gal A- α-1, 2- Rha] comme unité de répétition de base. Les résidus de rhamnose dans le RGI sont souvent substitués avec les chaines latérales de la galactane, de l'arabinose, ou de l'arabinogalactane I. (figure I.7) **[46]**

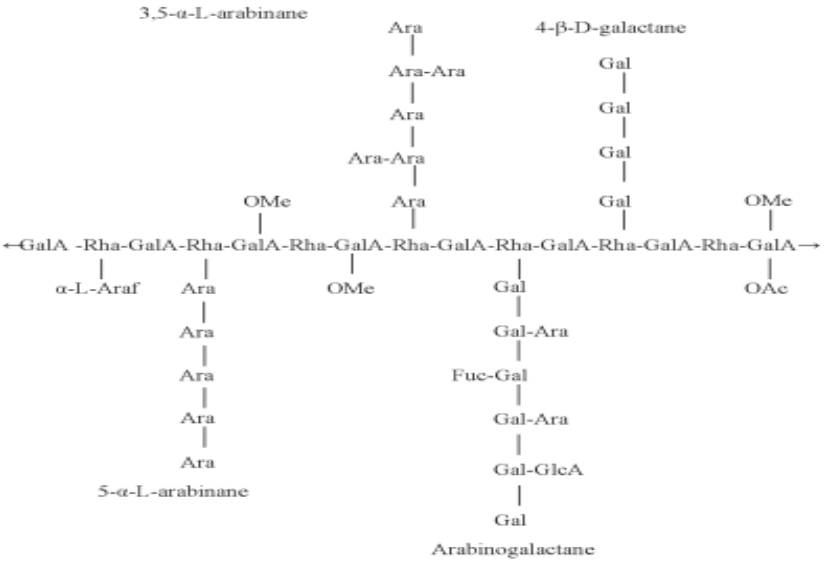


Figure I.7: Structure RhamnogalacturonaneI**[45].**

c) Rhamnogalacturonane II (RGII):

La structure complexe de ce polymère est fortement conservée chez les espèces végétales **[47].** Le RG-II est un galacturonane substitué qui représente 10 à 11 % de la pectine avec un DP d'environ 60.

Le RG-II comprend au moins huit résidus d'acides galacturoniques liés en 1-4 constituant la chaine principale, sur laquelle sont greffés quatre complexes glycosidiques différents. Ces complexes glycosidiques sontcomposés d'arabinofuranose, d'arabinopyranose, deglucopyranose, de fucopyranose, d'apiofuranose et de galactopyranose et d'autres sucres inhabituels tels que le Dha : acide 3-déoxy-D-lyxo-heptulosarique, le Kdo : acide 3-déoxy-D-manno-octulosonique et l'acide acérique. Il contient également des sucres méthyles rarement Observés comme le 2-O-méthylxylose et le 2-O-méthylfucose. Le RG-II se présente principalement sous la forme d'un dimère dans la paroi cellulaire des plantes par l'établissement de liaison covalente de diester de bore. Cette liaison est formée entre l'OH-2 et l'OH-3 des résidus β-Dapiofuranose de chaque sous-unité monomérique de RG-II. En outre,il a été montré que seul le résiduApiofuranose de chaque chaine latérale A participe à cette dimérisation(figure I.8)**[45]**

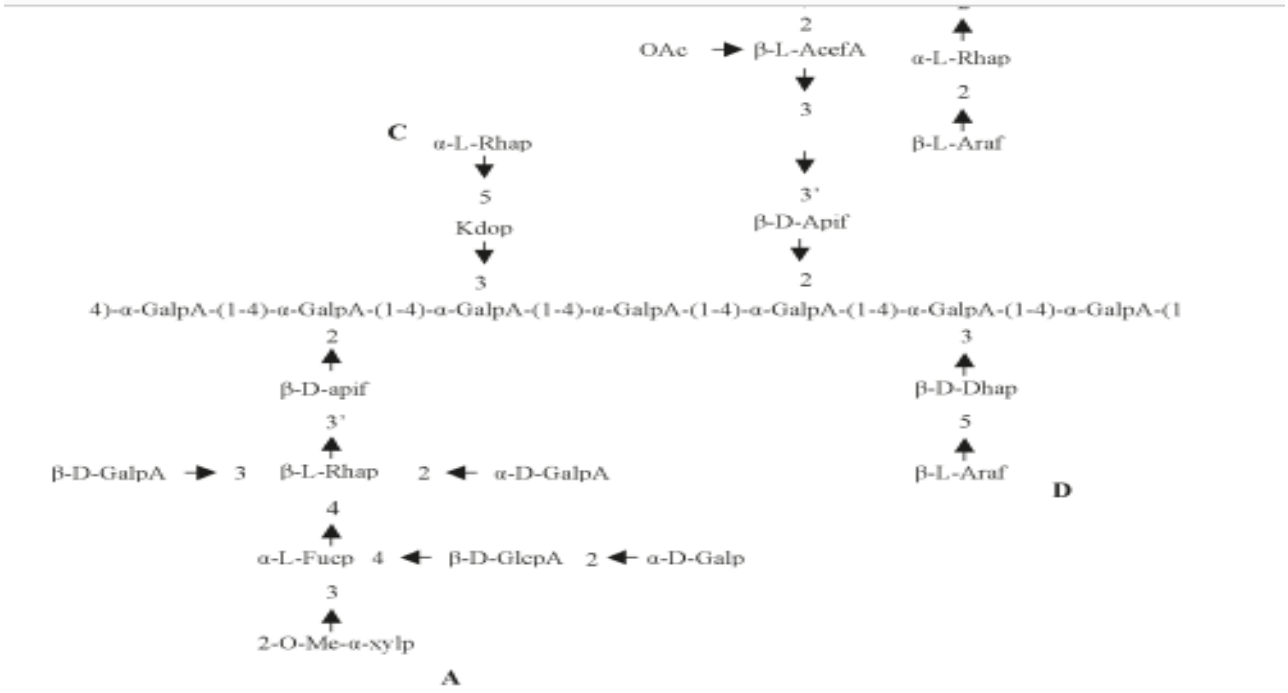


Figure I.8 : Structure de Rhamnogalacturonane II **[45]**

d) Xylogalacturonanes :

Il existe en outre des xylogalacturonanes **(XGA)**, galacturonanes substitués par des résidus de (1→3)-β-D-xylose (figure I.9).Les résidus acides galacturoniques des XGA peuvent être méthylestérifiés comme le sont ceux des HG. Les XGA ne semblent pas être très répandus parmi les autresdomaines pectiques**. [47]**

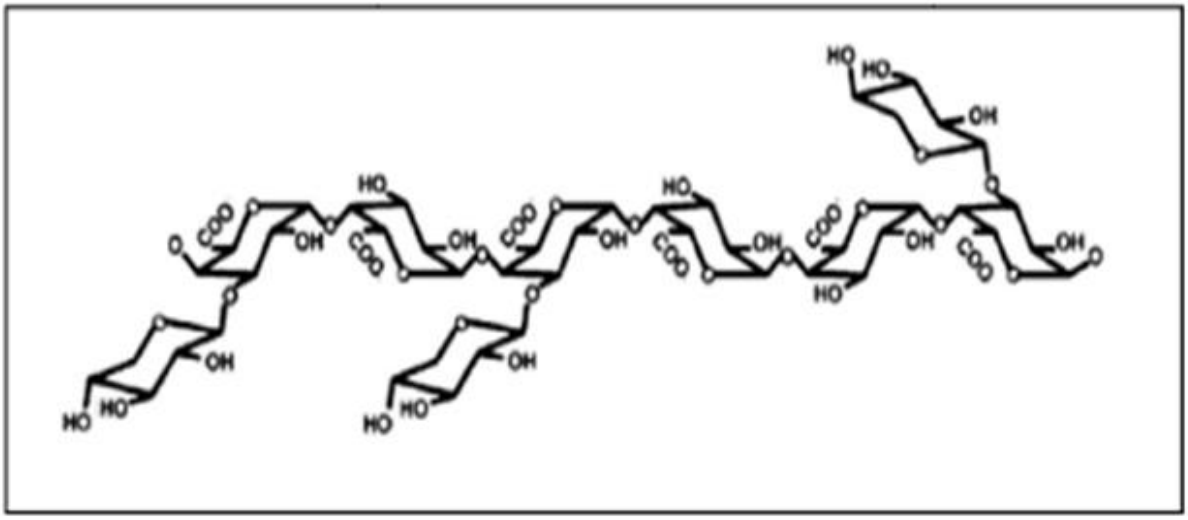


Figure I.9 : structure de Xylogalacturonanes [96]

Généralement Les pectines sont constituées d'une zone lisse Formée d'homogalacturonanes (HG) et d'une zone hérissée composées de rhamnogalacturonanes (RG) et de chaînes latérales (figure I.10) **[48]**

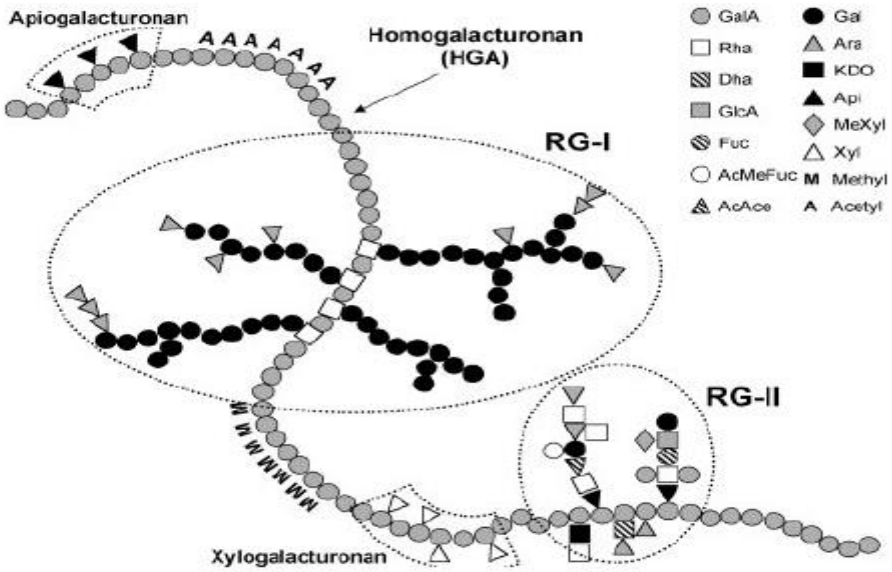


Figure I.10 : Représentation schématique de la structure primaire des pectines**.[27]**

La pectine est un carbohydrate structurale présent dans toutes les plantes et la citrouille mais à différentspourcentages. Le tableau I-12 recense quelques teneurs en substances pectiques dans les fruits de quelques espèces.

Tableau I-12 : Teneur en substances pectiques de quelques végétaux**. [45]**

Partie de l'espèce végétal	Teneur en substance pectiques (%)
Pomme	0.5-1.6
Marc de pomme	1.5-2.5
Banane	0.7-1.2
Pulpe de betterave	1.0
Carambole	0.66
Carotte	0.2-0.5
Goyave	0.77-0.99
Pulpe de citron	2.5-4.0
Litchi	0.42
Mangue	0.26-0.42
Zeste d'orange	3.5-5.5
Papaye	0.66-1.0
Fruit de la passion	0.5
Péricarpe du fruite de la passion	2.1-3.0
Pêche	0.1-0.9
Ananas	0.04-0.13
Fraise	0.6-0.7
T'amarine	1.71
tomate	0.2-0.6

I.2.3- 4 Les types de pectines :

Les pectines sont caractérisées par leur degré de méthylation (DM). Le degré de méthylation est un paramètre très important qui influe sur le processus et le mécanisme d'association des pectines dans la formation des gels. Le degré de méthylation est le pourcentage de groupement carboxyles estérifiées par le méthanol. **[49].**Il est à distinguer deux types de pectine en fonction du degré de méthylation(DM)**[50]** :

- Les pectines HM(hautement méthylées) : ce sont les pectines dont le degré d'estérification est supérieur à 50% (figure I.11)
- Les pectines LM (faiblement méthylées) : ce sont les pectines dont le degré d'estérification est inférieur à 50%(figure I.12).Ces dernières peuvent contenir des groupements amides ; dans ce cas on parle alors des L.M.A (Löw methylatedamidated pectines**). [51]**

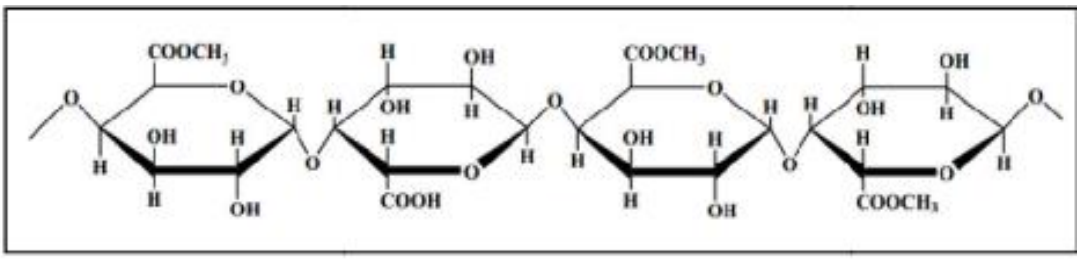


Figure I.11 : Structure de pectine HM (hautement méthylées) **[52]**

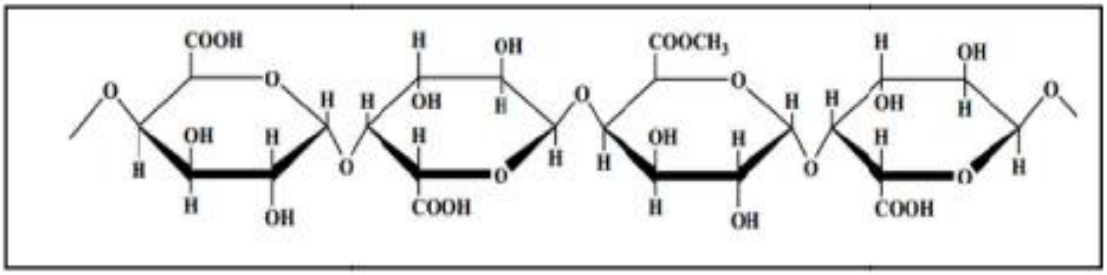


Figure I.12 : Structure de pectine LM (faiblement méthylées)**[52]**

I.2.3-5 Caractérisation macromoléculaire de la pectine :

La pectine est un polysaccharide qui change de caractéristiques avec la technique d'extraction, et la matière première et d'autres facteurs environnementaux. Les caractéristiques macromoléculaires de pectine sont des causes déterminantes de leurs applications industrielles**(26A)[53]**et incluent principalement leur :

- Masse molaire :le poids moléculaire varie entre 50000-200 000 Da**[54]**
- Conformation.

- La charge induite par la présence de groupements COOH est fonction du pH et de la force ionique. À pH neutre, la molécule est chargée négativement, cette charge diminue avec une diminution de pH et une augmentation du DE.
- PKa : la pectine a une valeur de pKa entre 3,5-4,5**[55]**. Une augmentation de la force ionique masque les charges de la pectine, effet observé avec l'ajout d'ions monovalents et bivalents **[54].** Cependant, les ions bivalents causent aussi la dimérisation des chaînes d'acides galacturoniques par le modèle « boîte d'œuf ». Les Cations se fixent dans la série de cavités électro négativement chargées des chaînes. L'affinité des cations diffère : $Mg^{2+} << Ca^{2+} \sim Sr^{2+} < Ba^{2+}$. **[56]**
- Flexibilité :les pectines sont considérées comme des molécules semi-flexibles dont (B) varie de 0.017 à 0.074,
- Viscosité : qui est inférieure à celle de la plupart des autres gommes, il est donc rare d'utiliser les pectines pour augmenter la viscosité d'un produit **[57]**
- Humidité est 12% au maximum**. [58]**
- Degré de méthylation : Le DM peut atteindre des valeurs allant souvent jusqu'à 70-80 %.**[59]**
- Degré d'acétylation : Les acides D -galacturonique (GalA) liés par des liaisons α-(1→4) peuvent être acétylés sur les positions C_2 et/ou C_3 **[60].** Le degré d'acétylation (DAc) est défini comme le pourcentage des résidus de GalAestérifiés par un groupe d'acétyle. **[59]**

Pour la pectine, la répartition et la longueur des zones homogalacturoniques et rhamnogalacturoniques, le degré d'estérification et la distribution du méthanol, de l'acide acétique et de l'acide férulique, la quantité, la longueur et les ramifications des chaînes latérales sont variables avec les paramètres suivants**[61]** :

- L'espèceconsidérée,
- Substitution de l'acide galacturonique,
- La localisation dans la plante
- Les conditions d'extraction.

I.2.3-6 Extraction des pectines :

Compte tenu des nombreuses macromolécules présentent dans la paroi cellulaire végétale (figure I-4), les protocoles d'extraction doivent être suffisamment sélectives pour permettre l'extraction des pectines de manière privilégiée tout en maintenant l'intégrité de la pectine.

Dès lors, la technique d'extraction des substances pectiques la plus appropriée s'effectuera en fonction de la nature des pectines mais également des liaisons établies entre les différents polymères pariétaux **[62]**.Généralement, le processus de production de pectine comprend trois étapes principales : **[63]**

- Préparation de la matière première et solubilisation de la protopectine.
- Précipitation alcoolique des pectines.
- Lavage, séchage, broyage et standardisation des pectines extraites

Les pectines peuvent par conséquent être extraites des parois végétales par trois différentes méthodes **:[64]**

- Méthode chimique
- Méthode enzymatique
- Méthode physique

Ces dernières années, les protocoles d'extraction quantitative des pectines ont été optimisées par l'utilisation de prétraitements physiques de la matière végétale par l'utilisation de techniques telles que la pression, la sonication ou l'irradiation aux micro-ondes**. [65]**

Extraction chimique :

Ce procédé d'extraction est basé sur l'hydrolyse en milieu acide et chaud de la protopectine qui se transforme en acide pectique ..le jus obtenu est traité par un alcool afin de précipiter la pectine. Le coagulum a l'aspect fibreux, est lavé, pressé, séché sous vide,puis broyé pour obtenir une poudre fine de pectine**. [66]**

Tout comme l'influence de la méthode d'extraction sur la qualité et la quantité de la pectine extraite (tableau I-3), les conditions d'extraction (pH, température, temps et rapport : solide-liquide) interviennentaussi.

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'extraction a l'avantage d'être moins polluante que les précédentes. Cependant, la production enzymatique reste coûteuse et la réaction est difficile à contrôler, elle peut entrainer une dégradation de la pectine **[67] ..**

Dans l'extraction enzymatique, d'autres enzymes peuvent être utilisés: endoarabinase, galactanase, pectine lyase, endopolygalacturonase. Parmi ces Enzymes,

l'endopolygalacturonase permet d'obtenir des pectines à haut degré de méthyle estérification **[68]**

Extraction physique :

Parmi ces procédés, se classent les extractions par cuisson-extrusion, autoclave, microonde, Soxhlet ou pression manuelle. Le rendement et la composition osidique des pectines extraites par cuisson-extrusion varient en fonction des paramètres d'extraction, et ce rendement est, dans certains cas, similaire à celui obtenu par extraction acide. L'extraction par Soxhlet donne un rendement pectique plus important que celui par extraction par pression manuelle. Cette dernière conduit, dans certaines conditions, à un rendementplus élevé que l'extraction assistée par micro-onde. **[69].**En effet, 15 min de chauffage par micro-ondes peut être dans certain cas 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 **[70]**

Les protocoles mis en place sont généralement fondés sur la différence de solubilité des dérivés pectiques.

Tableau I-13 : Propriétésdes pectin**es** issues de quelques types d'extraction**[27]**

Type de pectine	Propriété de l'extraction
Pectine HM (Hautement Méthylestérifiées).	une extraction à l'eau bouillante à partir d'un matériel végétal
les pectines FM (Faiblement Méthylestérifiées)	une extraction à l'eau bouillante en présence d'agents séquestrant les ions Ca2+ (EDTA, CDTA, l'imidazole, oxalate d'ammonium)
les pectines insolubles (acide homopolygalacturonique).	extraction chimique par un acide à chaud (HCl, H_2SO_4) ou une base à froid (NaOH ; ou Na_2CO_3)

I.2.3-7 Propriétés des pectines :

Solubilité des pectines :

Les pectines se comportent comme des poly-électrolytes grâce à la présence de groupements carboxyliques dans leur squelette. **[57]** les pectines sont considérées comme des fibres solubles ayant une forte capacité de rétention d'eau, celle-ci étant un bon solvant pour les pectines. **[71].** La pectine est soluble dans l'eau, formant une solution colloïdale, opalescente et insolubledans l'éthanol. **[72]**

La solubilité des pectines dépend de divers paramètres dont entre autres :**[57]**

- Le solvant, sa nature et sa force ionique.
- La nature de la pectine et sa concentration :Cette dernière englobe leur masse moléculaire, de la présence de chaînes latérales, mais aussi et surtout du degré de méthyl estérification et de la distribution de ces groupements méthyles**.** La pectine est plus soluble que sa masse moléculaire est faible, que sa structure est fortement ramifiée**[27].**
- 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 : la pectine est soluble si ses fonctions carboxyliques sont engagées dans une estérification avec le méthanol (taux de méthyl estérification fort). **[73]**

Stabilité :

Cette propriété est d'autant variable que la température et le pH de la solution varient (figureI-13) :

- En milieu acide : les pectines en solution sont stables à pH 3-4, pour des pH<3 et à basse température, les groupements acétyles et méthyles sont déstabilisés et les sucres neutres sont hydrolysés. L'hydrolyse des pectines est accéléréesi la température augmente.
- En milieu alcalin et à basse température, les groupements esters sont saponifiés. En milieu neutre et à température ambiante, la saponification est accompagnée de la réaction de dépolymérisation. Cette dégradation a lieu uniquement dans les liaisons glycolsidiques et dans les résidus de l'acide galacturonique méthoxylés. À des températures >60°C, la dégradation n'a lieu qu'à pH légèrement acide (pH proche de 5)**[74]**

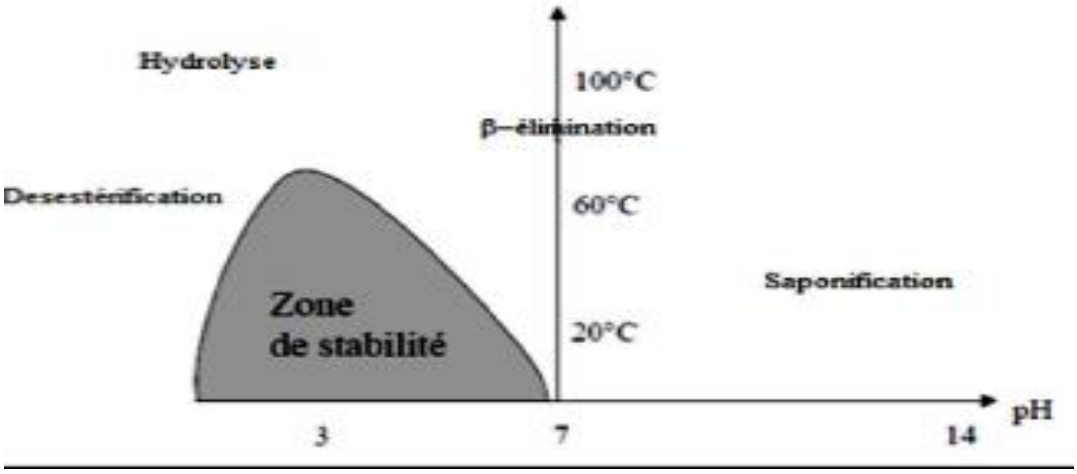


Figure I.13 : Stabilité de la pectine **[75]**

Les réactions de β-élimination :

Les réactions de β-élimination des substituants en O4 (figure I.14) sont accélérées à des températures supérieures à 60°C **[76]** selon l*e* mécanisme où l'hydrogène en C5, rendu plus acide par le groupe ester méthylique, est attaqué par l'ion hydroxyde. Il se produit alors un arrangement avec transfert électronique aboutissant à la rupture de la liaison glycosidique et la formation entre les C4 et C5 d'une double liaisonq ui est conjuguée avec celle de la fonction carboxylique **[77]**

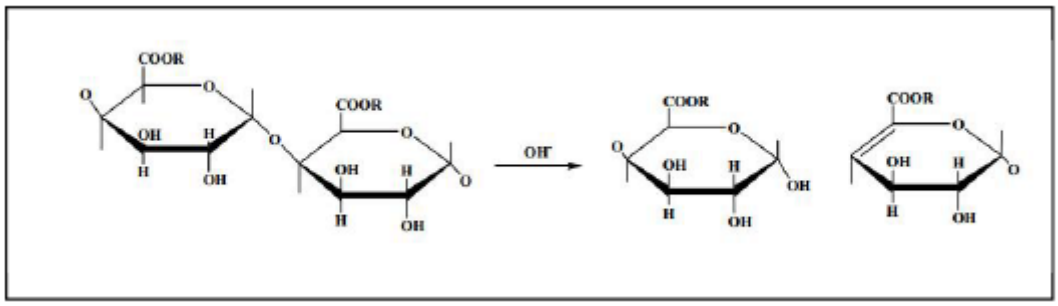


Figure I.14 : Réaction de β-élimination

Propriétés de gélification :

Les gels de pectines sont des gels physiques formés par associations locales entre chaînes macromoléculaires au niveau de zones de jonctions. La nature exacte de la zone de jonction dépend de la structure chimique des pectines et doit être d'une longueur minimale pour êtrestable compte-tenu des caractéristiques du milieu, outre un nombre non négligeable defacteurs intrinsèques (masse moléculaire, charge...) et extrinsèques (température, pH, force ionique, nature des ions dans le milieu...).

Les mécanismes de gélification sont gouvernés principalement par : **[54 ,78]**

- L'appartenance des pectines aux familles HM ou LM :
  - Les pectines hautement méthylées (DE ≥ 50 %) forment un gel dans un milieu acide à forte teneur en sucre (>50 %).Les gels de pectine HM sont plus faibles que les gels de pectine LM et leur stabilité diminue avec l'augmentation de la température **[79]**
  - Les pectines faiblement méthylées requièrent la présence d'ions divalents et conduisent à des gels qui peuvent être thermoréversibles. Une augmentation de la température se traduit par affaiblissement des zones de jonctions etune diminution de la force du gel **[80 ,81]**
- La teneur en pectines ;
- La teneur en sucres ;
- Le pH.

Propriétés émulsifiantes :

Les pectines peuvent être utilisées comme agent émulsifiant à condition de réduire leurs interactions avec les ions divalents. **[82]**

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 **[83]**

I.2.3- 8 Domaine d'applicationdes substances pectiques :

En plus d'avoir un certain nombre de fonctions biologiques fondamentales(signalisation, prolifération cellulaire…).La pectine trouve une multitude d'applications dans la vie humainegrâce à son excellent profil de santé et de sécurité. Elle est employée dans :

- ✓ **Industrie alimentaire :**

D'un point de vue nutritionnel, les pectines sont considérées comme des fibres alimentaires qui exercent des effets physiologiques sur le tractus intestinal en réduisant le temps du transit et l'absorption du glucose **[84]**

Pour ajouter une texture souhaitable aux aliments, elles sont utilisées aussi comme additifs gélifiants, épaississant dans la préparation des confitures, des marmelades et des gelées.

Les pectines sont employées dans la fabrication de l'emballage alimentaire comme films comestibles biodégradablescontenant des antimicrobiens naturels, respectant l'environnement. [**85]**

Utilisées comme agent stabilisant ou émulsifiantet notamment pour les acides des produits laitiers. **[54]**

La formation des complexes de protéine-polysaccharide peut être utilisée pourAméliorer les propriétés fonctionnelles des protéines. Les interactions protéine-pectine améliorent la solubilité, l'émulsification, la gélification et le comportement moussant des concentrés protéiques. **[86]**

Produits pour fourrage et décors (pâtisserie) .

- ✓ **Industrie pharmaceutique :**

Les substances pectiques entrent dans la composition de spécialités pharmaceutiques pour ses propriétés antiacides, hémostatiques ou anti-diarrhéique. **[87].** Elles sont très utilisées comme matrices d'encapsulation et de vectorisation de molécules d'intérêt (arômes, antioxydants, antimicrobiens, huiles essentielles, principes actifs,…) **[88]** en raison de leurs propriétés gélifiantes et filmogènes.

Une technique de mise au point des microsphères à base de predni solone a été développée pour la thérapie ciblée du côlon où la pectine est utilisée comme agent d'enrobage. **[89]**

Traitement des syndromes de l'intestin irritable. **[90]**

Comme prophylactique naturel, la pectine agie contre l'empoisonnement des cations toxiques. Elle s'est montrée efficace dans l'élimination du plomb et du mercure dans l'appareil gastro-intestinal et les organes respiratoires. **[91]**.

Dans les formulations à libération contrôlée, les hydrogels de pectine se trouvent dans les comprimés comme liant. **[92]**

La pectine s'est révélée aussi d'une action prometteuse dans les colites ulcéreuses, la maladie de crohn et du cancer du colon **[91]**

Les pectines sont employées pour la réduction des réponses glycémiques postprandiales et le maintien de concentrations normales de cholestérol sanguin chez l'homme. **[92]**

Une matrice composée de la pectine et du poly (lactide-coglycolide) supportant l'attachement et la croissance des cellules, a été employée médicalement pour la réparation de tissu et la régénération d'organe pendant des décennies. **[93]**

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 anti vomitive

- ✓ **Industrie cosmétique** :

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

La pectine est utilisée dans la fabrication des vernis, deshuiles et des crèmes. elle est aussi utilisée comme un agent épissant et stabilisant dans les gels pour les cheveux ,les lotions et le shampooing.

- ✓ **Utilisation des pectines dans le domaine des biomatériaux :**

Elle est dotée de plusieurs avantages qui la qualifie digne de beaucoup d'applications biomédicales de pectine sous diverses formes comme nouveau biomatériaux,Il suffit de mentionner ici l'exceptionnelleélasticité et résistance mécanique amélioréesHydrogel de soie / pectine, étudié comme biocaffold implantablematériau pour régénérer le cartilage et l'os

La pectine entre dans la composition des matériaux composites synthétiques similaires à l'os, polymère / minéral utilisés aux greffes osseuses qui entrainentgénéralement un risque non négligeable de transmission de maladies infectieuses bactériennes et surtoutviralesposés par les matériaux osseuxsynthétiques classiques..**[94 ,95]**

CHAPITRE II

Matériels et méthodes

II .1 Introduction

Notre étude expérimentale ; réalisée au sein des laboratoires de biologie et de chimie de l'université de Médéa ; consiste en une extraction des composés macromoléculaires d'intérêt qui s'agit de pectines existantes dans la citrouille cultivée à Biskra sud-ouest d'Algérie. Pour ce faire on a entrepris sous différentes conditions opératoires l'extraction à partir des écores et des pulpes du fruit de la citrouille par l'eau distillée à chaud en utilisant une méthode innovante de chauffage qui est le chauffage par induction électromagnétique.

En ce qui suit, nous présentons toutes les étapes de l'extraction et les différents produits et matériels utilisés dans ce travail.

II.2Produits et matériels :

Les différents produits ainsi que les matériels utilisés lors de cette étude expérimentale, sont rassemblés dans le tableau II .1 :

Tableau II.1 : Matériels et Produits utilisés

Matériels	Produits
Balance	Acétone
Etuve	Ethanol
Chauffage par induction magnétique	
Spatule	
Eprouvette	
Entonnoir	
Papier filtre	
Becher	
Boite pétri	
Récipient en Inox	

II.3Préparation de la matière végétale :

La matière végétale utilisée dans cette étude consiste en deux parties du fruit de citrouille : les écorces et la pulpe.

La matière végétale a été récoltées de la wilaya de Biskra région saharienne de sud-ouest l'Algérie (figure II.2).Les données descriptives de notre citrouille sont :

- ✓ Récolte : mois de Février
- ✓ Couleur de citrouille : Orange claire
- ✓ Poids du fruit : entre 10kg à 20kg.



Figure II .1 : Le fruit de lacitrouille

II.3.1 Séchage et broyage:

Le fruit de la citrouille a été soigneusement lavé à l'eau de robinet avant de le peleret séparer les écorces de la pulpe. Les graines sont éliminées du cœur de la pulpe. Les parties décortiqués (écorces, pulpe) sont découpés à l'aide d'un couteau en fines pièces et ont subi un séchage à l'air libre à température ambiante pendant 15 jours, une fois bien séchées, les petites pièces de la pulpe et l'écorce ont été broyées en poudre à l'aide d'un moulinette électrique (figure II-2).

Un échantillon des écorces et des pulpes séparées a été utilisé à l'état frais pour la mesure de la teneur en eau.

II.3.2 Tamisage :

Les écorces et la pulpe séchées et broyées en fines pièces sont tamisées à l'aide d'un tamis de diamètre de 8mm.La poudre utilisée était d'un diamètre d≤8mm.La matière végétale préparée est stockée dans des petits flacons en verre pour une ultérieure utilisation.



Figure II .2 : A/ La pulpe de la citrouille séchée et découpée**, B/** Les écorces de la citrouille séchées et découpées**, C/** Broyage de la matière végétale par une moulinette électrique**, D/** Stockage de la matière végétale broyée en flacon

II.4Déterminations de la teneur en eau :

La teneur en eau signifie la quantité d'eau en grammes (g) contenue dans la matière végétale fraiche, la teneur en eau des écorces fraiches a été déterminée par le procédés d'élimination d'eau par le séchage dans une étuve à50 °C jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Deux

durés de séchage ont été choisies 24h et 48h, par contre un séchage à l'air libre a été effectué pendant 48h.

Le pourcentage en eau dans ce cas est déterminé par la formule suivante :

T % = [(Mf – Mi) / Mi] 100.

T% : teneur en eau en %.

Mi : la masse de l'échantillon frais.

Mf : la masse de l'échantillon sèche.

II.5Extraction des substances pectiques :

Au cours du processus d'extraction de la pectine de la citrouille, nous fixons un facteur physique qui est la température (T°) et la puissance de la plaque d'induction électromagnétique.

L'isolation des substances pectiques à partir des écorces de la citrouille a été réalisée par extraction à l'eau distillée à chaud en suivant les étapes suivantes :

- Une masse de poudre de matière végétale a été homogénéisée avec l'eau distillée dans ce cas le PH est égal à 7. Le mélange réactionnel a été maintenu à une température particulière 100°C assurée par un chauffage par induction magnétique pendant 30 minutes avec agitation.
- La matière végétale épuisée a été séparée de la solution contenant le jus pectique par filtration à travers la gaze.
- La pectine a été précipitée en ajoutant deux volumes d'éthanol à un volume de jus pectique (rapport volumique jus pectique / éthanol : 1/2).
- Après 24 heures de précipitation à la température ambiante, le précipité est filtré à travers un papier filtre puis lavé par l'acétone.
- Finalement, le produit fini est séché dans l'étuve à 45°C. La pectine obtenue est broyée, pesée pour la conserver finalement dans des flacons bien fermés.

Les principales étapes suivies dans l'extraction de la pectine sont résumées sur la figure II.3.



Poudre de la matière végétale

Solubilisation dans l'eau T=100C°

Filtration à travers la gaze

Résidus de matière végétale



Jus pectique filtré



Précipitation par l'éthanol (1/2 v/v) Repos pendant 24heures



Filtration et lavage à l'acétone

Séchage à 45c° dans l'étuve

Broyage et stockage

Pectine

Figure II.3 : Protocole expérimental d'extraction des pectines à partir des pulpes et des écorces de la citrouille

Les différentes conditions opératoires d'extraction de pectines sont décrites sur le tableau II-1.

TableauII-2 : Différentes conditions opératoires de l'extraction des pectines à partir de la citrouille.

Matière végétale	**eau (T = 100^{0}C)**		
	pH	t (min)	Rapport Matière végétale /eau distillée
Ecorces sèches	7	30	1/10
	7	30	1/20
Pulpes sèches	7	30	1/10
	7	30	1/20

II.6Le rendement d'extraction de pectine :

Les rendements de pectine est exprimé en pourcentage et ils ont été calculés par rapport à la masse initiale traitée (masse d'écorce ou pulpe de citrouille) selon l'équation suivant :

$R(\%) = (m_{pec} / mi) * 100$

Ou :

$\mathbf{m_i}$:la masse initiale de la matière végétale (g),

$\mathbf{m_{pec}}$: la masse de la pectine obtenue(g).

Chapitre III

Résultats et discussions

Dans ce chapitre,on a présenté les principaux résultats obtenus relatifs à la caractérisation de la composition en eau de la pulpe et des écorces de la citrouille, ainsi que celles décrivant les rendements d'extraction des pectines par hydrolyse à l'eau à chaud utilisant le chauffage par induction magnétique. Différentes interprétationset conclusions sont exposées aussi dans cette partie.

III.1 La teneur en eau :

La citrouille comme d'autres plantes, contient de nombreux composés de base, parmi lesquels l'eau, C'est ce qui a révélé les mesures des teneurs en eau des différentes parties du fruit de la citrouille. Les résultats des teneurs en eau des écorces de la citrouille séchée par deux modes différents (air libre- étuve) et pendant deux différentes durées de séchage sont représentées sur la figureIII.1. Les réserves en eau des écorces de la citrouille séchée à l'étuve pendant 24h et de celles séchées pendant 48h à l'air libre présentent une infériorité par rapport à celles obtenues après une durée de 48h de séchage à l'étuve avec des valeurs de 30.66%, 80% et 84.88% respectivement. Il est clair que le séchage pendant 48h peut suffire d'éliminer complètement l'eau de l'échantillon.

Cependant, il est à remarquer qu'il est certain de sous-estimer la quantité d'eau présente dans les écorces si on se contente d'une durée de 24h de séchage à l'étuve car la grandeur de la différence en terme du contenu en eau entre les deux durées de séchage étudiées apparait clairement supérieure à celle dans le cas ou deux modes de séchage sont comparés pour la même durée.

Cette différence dépasse 63% pour une réduction de la durée de séchage de 48h vers 24h,mais elleest de 5.74% en balayant le mode de séchage de celui à l'étuve vers un séchage à l'air libre. La valeur réelle de toute l'eau contenue ne peut être estimable qu'à 48h de séchage.

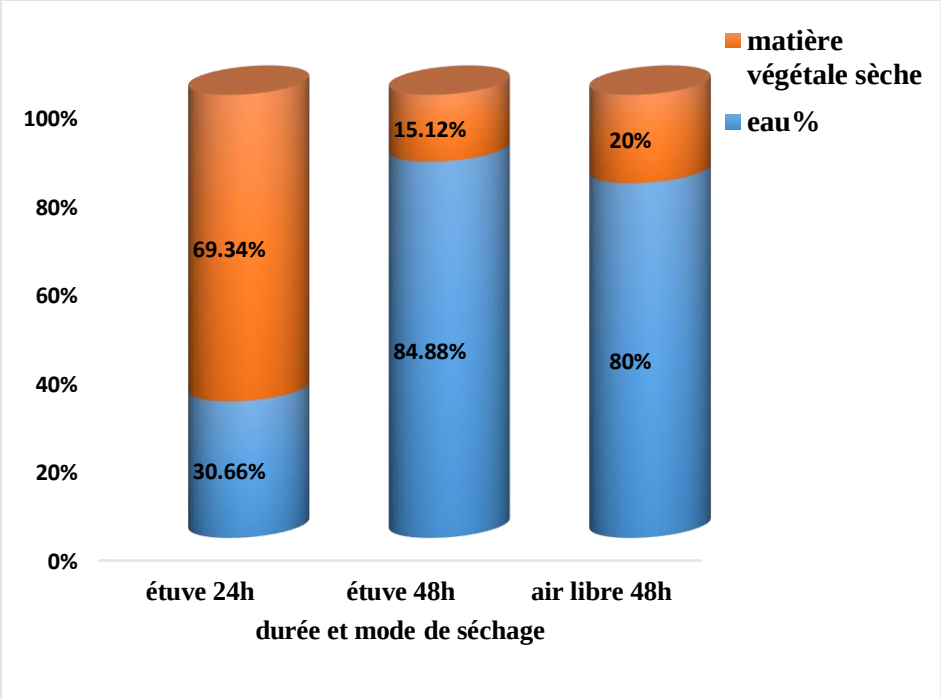


Figure III.1 : Différentes mesures de la teneur en eau des écorces de la citrouille par différents modes de séchage et pendant deux périodes de séchage (24h-48h).

D'après les résultats des mesures des teneurs en eau ; obtenus après séchage pendant 48h à l'air libre des écorces et des pulpesfraîches du fruit de la citrouille ; représentées sur les figures III.2 et III.3, il est aisé de remarquer que la présence de l'eau dans les différentes parties du fruit du la citrouille n'est pas uniforme. L'eau constitue la majeure partie du fruit de la citrouille représentant bien plus de 6/7 de la masse des écorces et 9/10 de celle de la pulpe de la citrouille,en effet la pulpe est plus riche en eau (91.23%) que les écorces de la citrouille (80%). Cette richesse en eau a été déjà reportée dans la littérature ou les teneurs en eau de la pulpe de la citrouille peut varier de 75.8% à 91.33% **.[97 ,98]**

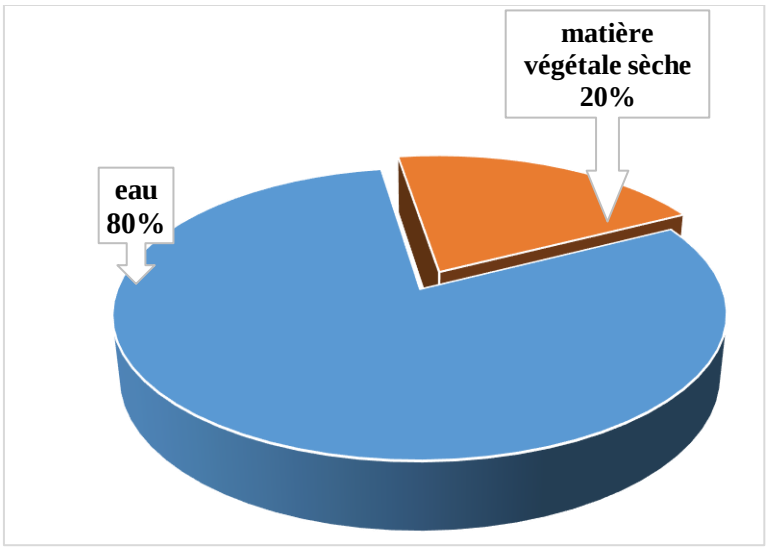


Figure III.2 : Teneur en eau des écorces de la citrouille obtenue après 48h de séchage à l'air libre

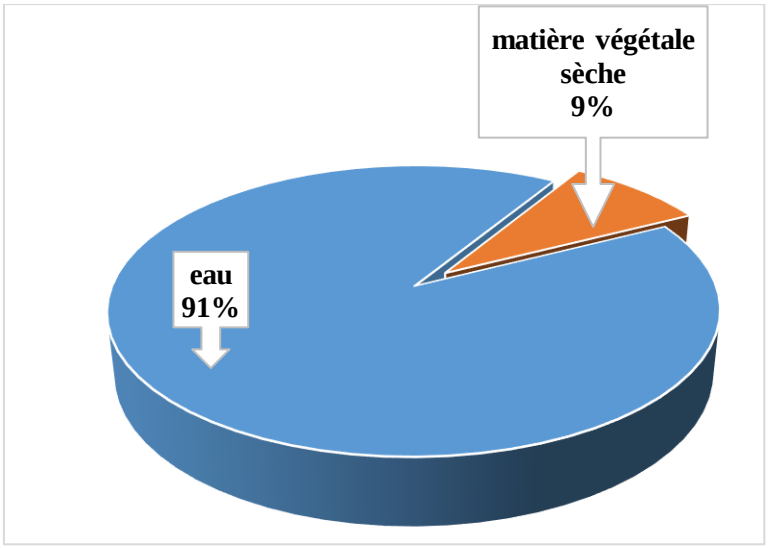


Figure III.3 : Teneur en eau de la pulpe de la citrouille obtenue après 48h de séchage à l'air libre

III.2 Extraction des pectines :

III.2.1Aspect général des pectines extraites :

Les pectines issues des écorces du fruit de la citrouilleont une couleur plus brune que celle issue de la pulpequi tend plus vers l'orange (figure III.4). A travers la littérature, une variation de la couleur des pectinesest enregistrée selon la contribution de :la contamination de surface, le matériel agricole utilisé et l'erreur humaine **[99].** Une couleur marronpour des pectines extraites à partir des écorces decitrouille a été reporté par Charity U. et al (2016) **[100].**

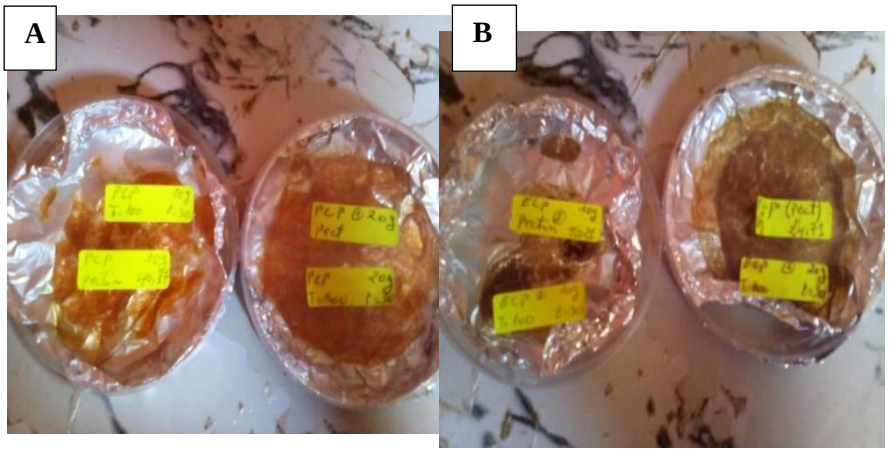


Figure III.4 : La pectine séchée extraite à partir de : **A/**écorces,**B/**pulpe.

III.2.2.Rendement de pectine :

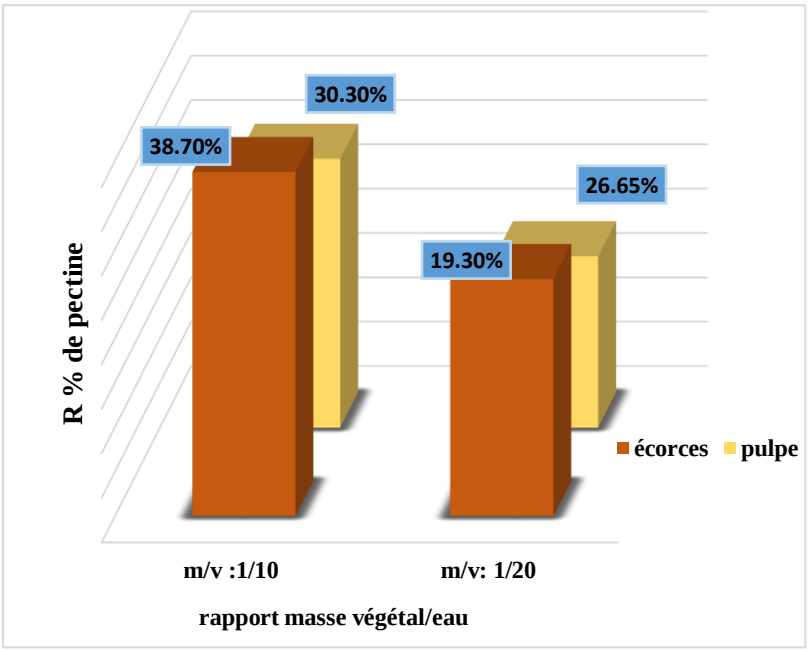
A l'issu des résultats représentés sur le tableau III-1 des rendements en pectines extraites aux différentes conditions opératoires indiquées, il est permis de noter que les rendements en pectines ;extraites par l'eauà chaud assisté par le chauffage par induction électromagnétique à partir des différentes parties (pulpe et écorces) du fruit de la citrouille séchées à l'air libre ; varient de 19.30% à 38.70% . Ces valeurs sont très éloignées à celles trouvées parTorkova AA et al (2018) **[101]** qui ont enregistré pour la pulpe du*Cucurbita pepo* un rendement maximal de 10% en utilisant une méthode d'extraction innovante de cavitation facilitée. Le rendement en pectine par les méthodes classiques utilisant l'hydrolyse par acide à chaud peut varier de 5-7% d'après ce qui a été décrit par Kosïtïaâlovaâ. Z (2016)**[102]**.Ce même auteur a rapporté un rendement de 3.1- 7.4% en utilisant une extraction assistée par micro-onde **[102].** Cependant, il est possible d'extraire de l'espèce *Cucurbita.moschata* une quantité importante de pectine de 8-20% en utilisant l'hydrolyse par acide à chaud**[103]**. Ces différences en rendements sont présentes car la quantité de pectine extraite dépend nettement de la partie de

la plante, la teneur en eau de la matière végétale utilisée, la méthode d'extraction et des conditions opératoires tel que le pH, le temps d'extraction, le mode de chauffage…etc. Les méthodes enzymatiques d'extraction des pectines et les méthodes d'extraction assistée par micro-onde peuvent donner lieu à des polysaccharides de fragments réduits avec des rendements élevés **[104 ,105]**. En effet, il faut analyser nos substances pectiques extraites pour s'assurer du rendement obtenu.

Tableau III-3 : Rendements dans les différentes conditions opératoires de l'extraction des pectines du fruits de la citrouille par l'eau à chaud assistée par le chauffage par induction électromagnétique.

Matière végétale	**eau (T = 100^{0}C)**			
	pH	t (min)	Rapport Matière végétale /eau distillée	Rendement en pectine
Ecorces sèches	7	30	1/10	38.70 %
	7	30	1/20	30.30 %
Pulpes sèches	7	30	1/10	26.60 %
	7	30	1/20	19.30 %

L'examen de la figure (III.5) permet de noter Le meilleur rendement avoisinant 38.70% est celui obtenu après 30minutes d'extraction en utilisant un rapport masse végétale/ eau égal à 1/10 qui est bien supérieur du meilleur rendement obtenu pour la pulpe qui ne dépasse pas 30.30% dans les mêmes conditions. Une quantité de pectine plus importante réside dans les écorces de la citrouille, tandis-que le contenu en pectine dans la chair du même fruit est un peu moins important. Cela peut être expliqué par la non-uniformité de la distribution de la pectine dans les deux parties étudiées en terme de sa localisation dans le tissu végétal, ainsi que de sa quantité et même de son aspect qualitatif (protopectine ou acide pectique), au sein du même fruit.



FigureIII.5: Influence du rapport (m/v) sur le rendement des pectines extraites des différentes parties (écorces, chair) de la variété citrouille (eau à chaud T=100°C assistée par le chauffage par induction magnétique, t=30min)

L'influence du rapport matière végétale/eau peut être dévoilée en examinant les histogrammes de la figure III.5. Pour la citrouille le rendement en pectine des écorces diminue de 38.70% à 30.30% quand le rapport (m/v) varie de 1/10 à 1/20, et passe de 19.30% à 26.65% pour la même variation de (m/v). Il est clair que l'augmentation du volume d'eau d'imprégnation fait activer la solubilisation des pectines résidant dans les écorces et la pulpe, par la suite augmenter la quantité des pectines extraites de celles-ci.

Conclusion

A travers ce présent travail on s'est penché sur une contributionà mettre en lumière l'efficacité d'une méthode conventionnelle d'extraction des biomolécules en adoptant un mode de chauffage innovant le chauffage par induction électromagnétique, et ce pour relever la valeur d'une biomasse végétale : les écorces et la pulpe de la citrouille.

A la lumière d'une recherche bibliographique, on a pu soulever tous les témoignagesde l'importance que porte l'espèce choisie dans cette étude. La citrouille est une plante originaire du Mexique largement utilisée comme source nutritive et médicinale protectrice de différentes pathologies dans la médecine traditionnelle et même actuelle.

L'usage des polymères naturels communément appelés biopolymères connaît un développement remarquable depuis ces dernières années en raison de leurs structures chimiques présentant des propriétés particulièrement intéressantes dont la plus utilisée est la biodégradabilité.

Les pectines, biopolymères de nature polysaccharidique complexe logeant dans les parois cellulaires des végétaux sont isolée depuis longtemps de ces derniers. L'étendue de leurs utilisations ne cesse d'accroître, multipliant ainsises nombreuses applications notamment comme matériaux d'emballage ou agents d'enrobage, et sur ce voletdes voies de recherches demeurent toujours ouvertes.

Lors du premier volet de ce travail, la détermination de la teneur en eau des écorces et de la pulpe de citrouilleséchée par deux modes différents (air libre- étuve) et pendant deux différentes durées de séchagea révélé que la présence de l'eau dans les différentes parties du fruit du la citrouille n'est pas uniforme. L'eau constitue la majeure partie du fruit de la citrouille représentant bien plus de 6/7 de la masse des écorces et 9/10 de celle de la pulpe de la citrouille.

Il est possible de sous-estimer la quantité d'eau présente dans les écorces si on se contente d'une durée de 24h de séchage à l'étuve, car il existe une différence qui dépasse 63% pour une réduction de la durée de séchage de 48h vers 24h, mais elle est moins prononcée avec 5.74% en balayant le mode de séchage de celui à l'étuve vers un séchage à l'air libre.

Cette Dans cette étude ; parmi la diversité des biomolécules qu'englobe la citrouille ; la pectine a pu être le candidatidéal à l'extraction compte tenu de sa présence et de sa spécificité. Sur ce plan notre étude a mis en évidence le pouvoir extractible du mode de chauffage par induction électromagnétique.En effet, les rendements en pectines ; extraites par l'eau à chaud

assisté par ce mode de chauffage à partir des différentes parties pulpe et écorces du fruit de la citrouille séchée à l'air libre ;peuvent atteindre des taux importants allant de 19.30% à 38.70%.L'avantage résiderait dans la solubilisation plus rapide des quantités plus importantes de substances pectiques, ce qui faciliterait leur libération des tissus végétaux.

Cetteefficacitépourrait êtrerenforcée en modulant certains paramètres comme la température, le temps, le rapport masse du végétale/ volume d'eau, qui pourra fairel'objet de travaux complémentairesdans le futur,de même renforcer cette étude par une caractérisation profonde des pectines extraites en terme des propriétés physico-chimiquesafin de mieux corréler les phénomènes mis en jeu lors de l'extraction.

Au terme de notre étude, ainsi qu'elles sont considérées comme une source prometteuse de pectines. Il a été constaté une richesse en pectines des écorces de citrouillepar rapport à la pulpe de celle-ci avec des rendements atteignant 38.70% et 26.65% respectivement.

Toutefois, il faut signaler que ce travail est loin d'être achevé et il serait intéressant de développer les points suivant :

- Optimiser les conditions opératoires d'extraction des pectines par l'eau à chaud assisté par le chauffage par induction électromagnétique.
- Mettre l'accent sur l'élargissement des sources de pectines de cette famille de plante et d'autre familles.
- Procéder à d'autres techniques d'extraction innovante des pectines aboutissant à des meilleurs rendements et qualités de pectines.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Smith BD (1997) the initial domestication of *Cucurbita pepo* in the Americas

10,000 years ago. Sci 276: 932-934.

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

[3] Musset D grange S espèces de courges : cultures et usages des cucurbitacées, alpes de lumière Mane, Musées et patrimoine de cavaillon, Equinoxz barbentane, **2000**

[4] Prakash Maran J., Mekala V., Manikandan S. (2013). Modeling and optimization of ultrasound-assisted extraction of polysaccharide from *Cucurbita moschata*. Carbohydr. Polymer. 92: 2018– 202

[5] Barbosa, J., Bergés, R., Sanz-Nebot, V. (2012). Retentionbehaviour of quinolone derivatives in highperformanceliquidchromatography: Effect of pH and evaluation of ionization constants. *J Chromatogra A*, 823, Issues 1–2: 411–422.

[6] https://fr.wikipeedia.org/wiki/cucurbitaceae

[7] https://fr.qwe.wiki/wiki/cucurbita

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

[9] FAO. (2016). Organisation des nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

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

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

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

[13] GagnonJ.,riopel-meunierJ.etriyerain M(2007) .E ncyclopédie libre : courge

[14] 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.

[15] Wichtl et Anton, 2003;Plantes thérapeutiquesTradition, pratique, officinale, science et thérapeutique.2nd edition.tec et doc /EM INTER.France.

[16] Blanchard Olivier. **(1981).** Output, the stock market, and Interest rates. American EconomicReview. Vol 71(1):132-43

Bérard Laurence,barrau Jacque. **Marchenay philippe (2000)** . polenta, cassoulet et piperade, l'introduction des plantes du nouveau Monde dans les cuisines régionales. Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée . Vol 41(42) :65-80.

[17] Deimel T. (2007). Important facts about award-winningstyrianpumpkinseedoil and Yourhealth. Retrievedfrom: www.deimel.biz/_biz/info/pumpkinoil.htm

[18] Vujasinovic V ., djlas S., dimic E .,Romanic R et takaci A (2010) shelf life of cold-pressed pumkin (cucurbita pepol) seed oil obtained with a screw press, journale of the american oil chemists society, 87: 1497-1505.

[19] STEVENON D , G, eller F,J, wang T, et Lp, **jane j l, wang T**,**et inglett G , e, (2007),** oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 cultivars.J. Agric food chem, 55:4005-4013.

[20] Zuhair H,A Abd El-fattah A,A et-sayed MI, (2000). Pumpkin seed oil modulates the effect of feloipine and captobril in spontaneously hypersensitive rats. Pharmacol Res. 41:555-563.

Jiane I,, lee A, binnes C.Et Du C-J. (2005) . Do dietary lycopene and other carotenoids

Protect against prostate cancer? Int, J. Cancer. 113:1010-1014.

[21] Rosa Martha Perez Gutierrez(2016) Review of *Cucurbita pepo* (Pumpkin) its Phytochemistry andPharmacology.6(1): 012-021

[22] Gomes RS, de Almeida CF, Chagas RR, Júnior RM, Fara JS, da Silva DJH (2020) Winter squash (Cucurbita moschata D.) Displays PromisingNutritional Aspects in Fruits, Seeds and in the SeedOil. J Plant BiochemPhysiol. 8:248. DOI: 10.35248/2329-9029.20.8.248

[23] Gilbert O. Fruhwirth,Albin Hermetter (2007). Seeds and oil of the Styrianoilpumpkin:

Components and biologicalactivities.Eur. J. LipidSci. Technol. 109 (2007) 1128–1140

[25] McNeil M., Daevill A.G., Fry S.C., Albersheim P., 1984. Structure and functions of prima cell walls of plants. Annual Review of Biochemistry 53 : 625-663. Ry

[26] Watrelot A.A., Le Bourvellec C., Imberty A., Renard C.M., 2013. Interactions between pectic compounds and procyanidins are influenced by methylation degree and chain length. Biomacromolecules 14 : 709-718

[27] Benjamin Petera. Extraction et caractérisations (structurale et physico-chimique) de polysaccharides hydrosolubles issus de cladoces de Cereus triangularis. Alimentation et Nutrition. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2016. Français. NNT : 2016CLF22758.

[28] PercheronF ; perles R & foglitti M.J.(1981) . Glicides . Structure et propriéties . Abrégé de biochimie générale. Ed : université rénédexartes, paris. P : 31-33.

Robyt J. F. (1998). Essentials of carbohydrates chemistry. Ed: C.R.cantor: springer. PP:399

Hennen. G. (2006). Biochimie. Approche bioénergétique et médicale. Ed: dunod. PP : 14-19

Moussard . C. (2006) . Biochimie structurale et métabolique . les glucides : structure et propriétés. Ed : de boeck université. PP :72-77.

Bruneton J. (2009) . Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales . Composés du métabolisme primaire.Ed :lavoisier. PP :42-79 .

Buer W . j ; **badoud R &laliger J. (2010)** . science et technologie des aliments : principes de chimie . Le glucose .Ed : presses polytechnique et universitaires romandes . PP :220-240.

Hames et al .. , 2006 .

[29] Berand J. ; «Le technicien d'analyses biologiques». Guide théorie et pratique. **(2001),** *Tec et Doc*. Paris, pp. 34

[30] Jean-Louis DOUBLIER, INRA-Laboratoire de Physico-chimie des Macromolécules BP 71627 - 44316 Nantes Cedex 3

[31] Berand J. ; «Le technicien d'analyses biologiques». Guide théorie et pratique. **(2001),** *Tec et Doc*. Paris, pp. 34

[32] CHETOUANI ASMA « Elaboration et Bioévaluation de nouvelles classes

d'hydrogels à base de pectine avant et après son oxydation par le periodate et/ou par le chlore actif et étude de leurs effets sur les comportements physico-chimiques et biologiques de la gélatine et du chitosane » ; thèse de doctorat, UNIVERSITE FERHAT ABBAS –SETIF-1UFAS-1 (ALGERIE) ardenne . **2015**

[33] Carpita N.C., Gibeaut D.M., 1993. Structural models of primary cell walls in flowering plants : consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. Plant Journal: for cell and molecular biology 3 : 1-30.

[34]www.herbstreithfox.de/fileadmin/tmpl/pdf/broschueren/Naturprodukt_englisch.pdf : consulter le 12/02/2007)

[35] Laurence Donato. Gélification et séparation de phase dans les mélanges protéines globulaires/pectines faiblement méthylées selon les conditions ioniques. Sciences du Vivant [q-bio]. ENSIA (AgroParis- Tech), 2004. Français. NNT : 2004EIAA0142. pastel-00003705

[36] Donato L., (2004). Gélification et séparation de phase dans les mélanges protéines globulaires/pectines faiblement méthylées selon les conditions ioniques. *Thèse Doctorat de l'École Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires.*

[37] Willats WGT, Orfila C, Limberg G, Buchholt HC, van Alebeek G JWM, Voragen AGJ, Marcus SE, Christensen TMIE, Mikkelsen JD, Murray BS, Knox JP (2001) Modulation of the Degree and Pattern of Methyl-esterification of Pectic Homogalacturonan in Plant Cell Walls: IMPLICATIONS FOR PECTIN METHYL ESTERASE ACTION, MATRIX PROPERTIES, AND CELL ADHESION. Journal of Biological Chemistry **276:** 19404-19413

[38] Fernanda T. P. Guedes. Vers l'identification des acteurs moléculaires responsables des propriétés mécaniques du bois de tension de peuplier. Sciences agricoles. Université d'Orléans, **2013**. Français. NNT : 2013ORLE2070.

[39] Benen J. A., Van Alebeek G .. T., Voragen A. J. (2003). Pecticesterases.ln:WhitakerJR,VoragenAGJ,WongDWS,editors.*Handbook of food enzymology*. NewYork:MarcelDekker.849-856.

[40] combo A. M.~ Aguedo M.et Paquet M. (2011). Lesoligosaccharidepectique roductionetapplicationspossibles.*Biotechnology Agronomy Society Environmeru*, 15(1):153-164.

[41] May, C.D. (1990). Industrial Pectins : Sources, Productions and applications. Carbohydrate Polymens. 12, 79 - 99

[**42] (PILNIK ,W ;VORAGEN , A.G.J (1979)** . The blo-chemistry of fruits and their products. (Hulme, A.C eds), London: academic press, 1p 53.

[43] FISHMAN, M. L; PEPPER, L ;DAMERT,w.C ;BAFORD , R. a (1986) chemistry and function of pectin, (Fishman M. L and JEN JJ eds.) , ACS series 310, washington

[44] Fishman, M.L., Jen, J.J. (1986). Chemistry and Function of Pectins. American Chemical Society.Washington

[45] Agnan Marie Michel Combo, Mario Aguedo, Michel Paquot Univ. Liège - Gembloux Agro-Bio Tech. Unité d**e C**himie biologique industrielle. Passage des Déportés, 2 B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : ammcombo@student.ulg.ac.be – comboagnan@yahoo.fr

[46] Jensen J.K.,Sørensen S. O., Harholt J., Geshi N., Sakuragi Y., Møller I., Zandleven J., Adriana J. Bernal A. J., Jensen N. B., Sørensen C., Pauly M., Beldman G., Willats W.G.T., Henrik Vibe Schellera H. V.,2008. Identification of a Xylogalacturonan Xylosyltransferase Involved in Pectin Biosynthesis in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 20: 1289–1302.

Wicker L., Kim Y., Kim M. J., Thirkield B., Lin Z., Jung J., 2014. Pectin as a bioactive polysaccharide extracting tailored function from less. *Food Hydrocolloids*, 1-9.

[47]Sobry, Stéphanie. *Etude immunocytochimique des pectines du méristème de Sinapis alba L. et de leurs modifications lors de la transition florale.* Prom. : VAN CUTSEM Pierre http://hdl.handle.net/2078.2/4221

[48] Bekhouche F. ; «Bactéries lactiques du lait cru de vache et Microorganismes pectinolytiques des olives noires et vertes : 1. Isolement et Identification biochimique. 2. Evaluation et Optimisation de la production d'enzyme polygalacturonase». **(2006),** *Thèse de Doctorat.* Université Mentouri de Constantine. Algérie.

[49] Lira-Ortiz A. L., Reséndiz-Vega F., Ríos-Leal E., Contreras-Esquivel J. C. , Chavarría-Hernández N., Vargas-Torres A. , Rodríguez-Hernández A. I., 2014. Pectins from waste of prickly pear fruits (*Opuntia albicarpa* Scheinvar 'Reyna'): Chemical and rheological properties. *Foodhydrocolloids*, 37: 93-99.

[50] Willats W.G. T., Knox J. P., Mikkelsen J. D., 2006. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science & Technology*, 17: 97–104.

[51] BELHAMRI RCHIDA. EXTRACTION DES MACROMOLECULES PARIETALES DES EAUX DE PRESSE DE BETTERAVES SUCRIERES ETUDE DE LEUR COMPOSITION , DE LEURE PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES ET DE LEURE

EFFET SUR LE PROCESS SUCRIER. Thèse de doctorat . universite de reims champange-ardenne . **2005**.

[52] Serguschenko, I., Kolenchenko, E., Khotimchenko, **M. (2007).** Low esterified pectin accelerates removal of lead ions in rats. Nutrition Research. 27 (10), 633 - 639.

[53] Ralet, M .C., bonnin, E. and thibault, JF., "pectins. IN: biopolymers vol.8, polysaccharides II ", steinbuchel, A., Ed, Wiley-VCH Verlag Gmbh, Weinheim**, (2002)**, 345-380.

[54] Voragen, A.G.J., Pilnik, W., Thibeault, J.-F., Axelos, M.A.V. & Renard, C.M.G.C. (1995). Pectins. Dans : A.M. Stephen, *Food Polysaccharides and their Applications* (pp.287-339). New York : Marcel Dekker, Inc.

[55] Rolin,C., Nielsen, B.U. & Glahn, R-E. (1998). Pectin. Dans : Dumitriu, S. *Polysaccharides: Structural Diversity and Functional Versatility* (pp.377-431). New York : Marcel Dekker

[56] Thibault, J.F. & Rinaudo, M. (1986). Chain association of pectic molecules during calciuminduced gelation. *Biopolymers*, 25, 455-468.

[57]Lopes Da Silva J. A. & Rao M.A. (2006). Pectins: structure, functionality, and uses. In food polysaccharides and their applications, Second Edition. Taylor & Francis Group, LLC, pp 353-411.

[58] SITE : www.tresorsdechefs.com

[59] Bonnin E., Le Goff A., Körner R., Vigouroux J., Roepstorff P. & Thibault J.-F., (2002). Hydrolysis of pectins with deferent degrees and patterns of methylation by the

endopolygalacturonase of Fusarium moniliforme. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Protein Structure and Molecular Enzymology*, **1596 (1)** : 83-94.**Levigne S., Thomas M., Ralet M.-C., Quemner B. & Thibault J.-F., (2002).** Determination of the degrees of methylation and acetylation of pectins using a C18 column and internal standards. *Food Hydrocolloids*, **16 (6)** : 547-550.

[60] Wicker L., Ackerley J.L. & Hunter J.L., (2003). Modification of pectin bypectinmethylesterase and the role in stability of juice beverages. *Food Hydrocolloids*,

17 (6) : 809–814.

Tillmann S., Roland W., Rob V. & Werner K., (2002). Enzymatic modifications of pectins and the impact on their rheological properties. *Carbohydrate Polymers*, **47 (2)** : 99 -108.

[61] Ralet M.C., (2006). Détermination de la structure fine de**s** pectines. Unité : Biopolymères Interactions Assemblages. Département : CEPIA. INRA Nantes. disponible en ligne suR:http://www.nantes.inra.fr/les_recherches/biopolymeres/physico_chimie_et_enzymologie_des_polysaccharides_et_leurs_interactions/determination_de_la_structure_fine_des_pectines.

[62] Schols H., Voragen A., (1994). Occurrence of pectichairyregions in various plant cellwallmaterials and theirdegradability by rhamnogalacturonase.CarbohydrateResearch 256 : 83–95.

[63] Ralet, M.-C., Bonnin, E., & Thibault, J.-F. (2001). Chromatographic study of highly methoxylated lime pectins deesterified by different pectin methyl-esterases. *Journal of Chromatography B*, 753, 157–166.

[64]] BELHAMRI RCHIDA. EXTRACTION DES MACROMOLECULES PARIETALES DES EAUX DE PRESSE DE BETTERAVES SUCRIERES ETUDE DE LEUR COMPOSITION , DE LEURE PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES ET DE LEURE EFFET SUR LE PROCESS SUCRIER. Thèse de doctorat . universite de reims champange-ardenne **. 2005**

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

[66] KIRK, OTHMEN, ENEYL, (1967) pectin sub-stance, Chem. Technol, 14PP 636-651.

[67] F Munarin, MC Tanzi, P Petrini.(2012) Advances in biomedical applications of pectingels.International journal of biological macromolecules.51 :681-689

[68] Donaghy J.A. & McKay A.M., (1994). Pectin extraction from citrus peel by polygalacturonase produced on whey. *Bioresource Technol*, **47 (1)** : 25-28.

[69] Yapo B., (2007). Étude de la variabilité structurale des pectines. *Thèse doctorat de École Doctorale Chimie - Biologie Université de Nantes.*

[70] 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

[71] Yokoi H., Obita T., Hirose J., Hayashi S. & Takasaki Y., (2002). Flocculation properties of pectin in various suspensions. Bioresource Technology, **84 (3)** : 287–290.

[72] Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation, agriculture, & Organisation mondiale de la santé. **(1986)**. *Normes d'identité et de pureté des additifs alimentaires: antiagglutinants*. Food & Agriculture Org.

[73] . Thibault, J.F., Ralet, M.C. (2001). Pectins: Their origin, structure and functions. Dans: Advanced Dietary Fibres. Mc Cleary, B.V. and Prosky L., Eds. Oxford Blackwell Science, 32, 369 - 378.

[74] Oosterveld A., Beldman G. B., Schols H. A., Voragen A. J. ; «Arabinose and ferulic acid rich pectic polysaccharides extracted from sugar beet pulp». *Carbohydrate Research,* **(1996),** 288(19), pp. 143-153.

[75] Renard, C. (2010). Les pectines dans la paroi végétale. UMR SQPOV, Avignon

[76] Kim, W.J., Rao V.N.M., Smit, C.J.B. (1978). Demethylation of pectin using acid and ammonia. Journal of Food Science. 43, 74 - 78.

[77] Morris, G.A., Foster, T.J. Harding, S.E. (2002). A hydrodynamic study of the depolymerisation of a high methoxyl pectin at elevated temperature. Carbohydrate Polymers. 48, 361 – 367

[78] 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

[79] O'Neill A.M., Darvill A.G. & Albersheim P., (2001). Pectic Substances. *Encyclopedia of Life Sciences*, John Wiley & Sons (Ed), pp 1-11.

[80] Axelos, M.A.V. **& Thibault**, **J.F**. (**1991b**). The chemistry of low-methoxyl pectin gelation. dans The Chemistry and Technology of Pectin. Editeur: Walter, R.H., New York, Academic Press: 109-118.

[81] Grant, G.T., Morris., **Smi, E.R., Rees, D.**A th, **P.J.C. & Thom, D. (1973).** "Biological interactions between polysaccharides and divalent ions: the egg-box model." *FEBS Lett*. 32: 195-198.

[82] Mazoyer, J. (2010). Contribution à la connaissance des propriétés amphiphiles des pectines. *Matériaux polymères* (p. 156). Paris: Thèse de l'université Pierre et Marie Curie.

[83] Srivastava P. et Malviya R. 2011. « Sources of Pectin, Extraction and Its Applications in Pharmaceutical Industry − An Overview ». *Indian Journal of Natural Products and Resources*2(1): 10-18

[84] Olano-Martin, E., Gibson, G.R., Rastall, R.A. (2002). Comparison of the in vitro bifidogenic properties of pectins and pectic-oligosaccharides. J. Appl. Microb. 93, 505 - 511.

[85] Espitia, P.P.J., Du, W.X., Avena - Bustillos, R.D.J., Soares, N.D.F.F., McHugh, T.H. (2014). Edible films from pectin: physical-mechanical and antimicrobial properties – A review. Food Hydrocolloids. 35, 287 - 296.

[86] Barrera., **Ramirez J** A.M.**A., Gonzalez-Cabriales J.J. & Vazquez M., (2002).** Effect of pectins on the gelling propertis of surimi from silver carp. *Food Hydrocolloids*, **16 (5)** : 441-447

[87] Wicker L., Kim Y., Kim M. J., Thirkield B., Lin Z., Jung J., 2014. Pectin as a bioactive polysaccharide extracting tailored function from less. *Food Hydrocolloids*, 1-9

[88] Liu, L.S., Fishman, M.L., Kost, J., Hicks, K.B. (2003). Pectin - based systems for colonspecific drugdelivery via oral route. Biomaterials . 24, 3333 - 3343.

Zam, W., Bashour, G., Abdelwahed, W., Khayata. W. (2013). Formulation and in-vitro release of pomegranate peels' polyphénols microbeads. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 4 (9), 3536 - 3540.

[89] Dashora, A., Jain, C.P. (2009). Development and characterization of pectin prednisolone microspheres for colon targeted delivery. International Journal of ChemTech Research. 1, 751- 757.

[90] Kushwaha, P., Fareed, S., Nanda, S., Mishra, A. (2011). Design and Fabrication of Tramadol HCl loaded Multiparticulate Colon Targeted Drug Delivery System. J. Chem. Pharm. Res. 3(5), 584 – 595

[91] Pranati S., Rishabha M. ; «Sources of pectin, extraction and its applications in pharmaceutical industry– an overview». *Indian Journal of Natural Products and Resources*, **(2011),** 2(1), pp.10-18.

[92] Cara I., Dubois C., Armand M.., Mekki N., Senft M., Portugal H. & Lairon D., (1993). Pectins are the components responsible for the hypocholesterolemic effect of apple fiber. *Nutrition (Life Sci. Adv.)*, **12** : 69-77

[93] LinShu L., Young J.W., Peter H.C., David R.C., Marshal L.F., Kevin B.H. & Peter X.M., (2004). Pectin/poly(lactide-co-glycolide) composite matrices for biomedical applications. *Biomaterials*, **25 (16)** : 3201–3210.

[94] Schwartz, C. (2010). Bilan de 15 ans d'utilisation des substituts osseux de synthése en chirurgie orthopidique et en traumatologie. e-mémoires de l'académie nationale de chirurgie, 9 (2), 76 - 86

[95] Rezwana, K., Chena, Q.Z., Blakera, J.J., Boccaccinia, A.R. (2006). Biodegradable and bioactive porous polymer/inorganic composite scaffolds for bone tissue engineering. Biomaterials. 27, 3413 - 3431.

[96] Wong, D. (2008). Enzymatic deconstruction of backbone structures of the ramified regions in pectins. The Protein Journal. 27 (1), 30 - 42.

[97] Chigwe CB, Saka VW. Collection and Characterization of Malawi PumpkinGermplasm. Zim. J. Agric. Res. 1994; 32(2):139-149.

[98] Aamir Hussain Dar, SA Sofi, Shafiyarafiq (2017). Pumpkin the functional and therapeuticingredient: A review . International Journal of Food Science and Nutrition

Volume 2 :6 Page No. 165-170.

[99] 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

[100] .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.

[101] Torkova AA, Lisitskaya KV, FilimonovIS,Glazunova OA, Kachalova GS, Golubev VN,(2018) Physicochemical and functionalpropertiesof Cucurbita maxima pumpkinpectin andcommercial citrus and applepectins: Acomparative evaluation. PLoS ONE 13(9

[102] KosÏtÏaÂlovaÂ Z, Aguedo M, HromaÂdkovaÂ Z.;(2016) Microwave-assisted extraction of pectinfromunutilizedpumpkin biomass. Chem Eng ProcessProcess Intensif. Elsevier; 102: 9±15.

[103] Yang X, Zhao Y, Lv Y. (2007). Chemical composition and antioxidantactivity of an acidic polysaccharideextractedfrom*Cucurbita moschata*Duchesne ex Poiret. J Agric Food Chem. American Chemical Society;; 55: 4684-4690

[104] Yoo , Lee H, Lee S, Bae IY S, Lee B**, Lee HG, et al. (2012).**Structuralcharacteristics of pumpkinpectinextracted by microwaveheating. J Food Sci.; 77: C1169-C1173.

[105]Cui SW, Chang YH. (**2014).** Emulsifying and structural properties of pectinenzymaticallyextractedfrompumpkin.LWTÐFoodSciTechnol. AcademicPress;; 58: 396-403.