

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Sciences Alimentaires  
Filière : Sciences Alimentaires  
Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire



Réf:.....

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

*MASTER*

*Thème*

*Extraction des pectines à partir d'écorces d'agrumes.*

Présenté par :

*TIGHLIT SARA & ZAIDI THINHINANE*

Soutenu le : 15/09/2021

Devant le jury composé de :

Mr. NABET N.

MCA

Président

Mr. BOUDRIES H.

MCA

Encadreur

Mme. BRAHMI N.

MCA

Examineur

Année universitaire : 2020 / 2021

## ***Remerciements***

Avant tous nous remercions Dieu le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la santé et la patience pour accomplir ce travail.

Toute notre gratitude et nos remerciements les plus sincères,  
à **Mr BOUDRIES Hafid**, notre encadreur, pour l'honneur, la patience et la disponibilité qu'il nous a accordé ainsi que ses précieux conseils qui ont contribué à alimenté notre réflexion.

Nous tenons également à remercier les membres jury :

**Mr NABET Nacim** d'avoir accepté d'évaluer ce travail, et qui nous a fait l'honneur de présider ce jury.

**Mme BRAHMI Nabila** d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Enfin nous tenons à remercier toute personne ayant contribué à la réalisation de ce travail.

## ***Dédicaces***

***TIGHLIT Sara ;***

Je dédie ce modeste travail :

A mes ***parents*** qui sont la source de ma réussite, je souhaite qu'ils trouvent à travers ce mémoire le témoignage de leurs efforts et sacrifices.

A mes chers frères ***Tayeb*** et ***Mohamed***.

A mes ***grands-parents paternels*** que Dieu les accueille dans son vaste aux paradis incha-Allah.

A mes ***grands-parents maternels***

Ainsi qu'à toute ma ***famille***.

***ZAIDI Thinhinane ;***

Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire de mon ***père*** qui ma laissé un immense vide, papa je ne t'oublierai jamais car grâce à toi je suis arrivé la merci.

A ma ***mère*** qu'elle trouve ici toute ma gratitude pour son encouragement et son soutien tout au long de mes études.

A mes chers frères ***Mohand*** et ***Mehdi***.

A ma chère sœur ***Warda***.

A mon oncle ***Bilmey***.

A toute ma ***famille***.

## Table des matières

<b>Introduction :</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Généralités et Caractéristiques des pectines.</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Historique :</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Définition des pectines :</b> .....	<b>3</b>
<b>3 Structure et caractéristiques de la pectine :</b> .....	<b>4</b>
<b>4 Localisation des pectines :</b> .....	<b>6</b>
<b>5 Description des pectines et leurs origines :</b> .....	<b>7</b>
<b>6 Groupements fonctionnels des pectines :</b> .....	<b>8</b>
6.1 Degré de méthylation (DM) :.....	8
6.2 Degré d'acétylation (DAc): .....	9
6.3 Degré férulique (DF) :.....	10
<b>7 Propriétés physico-chimiques des pectines :</b> .....	<b>11</b>
7.1 Solubilité et précipitation : .....	11
7.2 Stabilité et dégradation : .....	11
7.3 La viscosité : .....	12
7.4 Propriétés gélifiantes :.....	12
7.4.1 Gélification des pectines hautement méthylées (HM) :.....	12
7.4.2 Gélification des pectines faiblement méthylées (LM) : .....	13
7.5 Emulsification : .....	14
<b>8 Propriétés épaississantes des pectines :</b> .....	<b>14</b>
<b>9 Propriétés associatives des pectines :</b> .....	<b>15</b>
<b>10 Biosynthèse de la pectine :</b> .....	<b>15</b>
<b>11 Dégradations des pectines :</b> .....	<b>16</b>
11.1 Dégradation chimique : .....	16
11.1.1 Reactions de desésterifications : .....	16
11.1.2 Réactions de dépolymérisation : .....	17
11.2 Dégradation enzymatique :.....	17
<b>Chapitre II : procédés d'extraction des pectines.</b> .....	<b>20</b>
<b>1 Extraction des pectines :</b> .....	<b>20</b>

1.1	<i>Extraction chimique</i> :.....	20
1.2	<i>Méthodes physique</i> : .....	23
1.3	<i>Méthodes enzymatiques</i> :.....	26
<b>2</b>	<b>Dosages des pectines</b> : .....	<b>27</b>
2.1	<i>Les dosages colorimétriques</i> : .....	27
2.2	<i>Dosage par chromatographie</i> :.....	28
<b>CHAPITRE III : application industrielle, effets sur la sante et réglementation sur la pectine.</b> .....		<b>30</b>
<b>1</b>	<b>Application industrielle de la pectine</b> :.....	<b>30</b>
1.1	<i>Leur rôle comme additif alimentaire</i> : .....	30
1.2	<i>Utilisations pharmaceutiques</i> :.....	30
<b>2</b>	<b>L'effet de la pectine sur la biodisponibilité des minéraux et vitamines:</b> .....	<b>31</b>
<b>3</b>	<b>Pectine et santé</b> : .....	<b>32</b>
3.1	<i>Effet thérapeutiques des pectines</i> : .....	32
<b>4</b>	<b>Réglementation et qualité hygiénique des pectines</b> :.....	<b>33</b>
4.1	<i>Réglementation européenne</i> : .....	33
4.2	<i>Réglementation en Algérie</i> : .....	34
<b>Conclusion</b> :.....		<b>38</b>
<b>Références bibliographiques</b>		

## Liste des abréviations :

**CDTA:** trans-1,2-diaminocyclohexane-N,N,N',N'-tetraacetic acid.

**Dac :** Degré d'acétylation.

**DF :** Degré férulique.

**D-Gal A :** acide D-galacturonique.

**DJA :** dose journalière acceptable.

**DM :** Degré de méthylation.

**EDTA :** acide éthylène-diamine-tétra acétique

**EFSA:** European Food Safety Authority.

**FAO:** Food and Agriculture Organization

**FDA:** Food and Drug Administration

**Gal A :** acide galacturonique.

**GRAS :** généralement reconnue comme surs

**HG :** Homogalacturonane.

**HM :** high méthoxy(hautement méthylé).

**HPLC :** chromatographie en phase liquide haute performance ou haute pression.

**INRA :** Institut national de la recherche agronomique.

**IR :** infra-rouge.

**LM :** lowméthoxy(faiblement méthylé).

**LMA:** LowMéthoxyl Amide.

**NDP :** nucléoside diphosphate

**OMS :** Organisation mondiale de la santé

**pH :** Potentielle d'hydrogène ;

**PHM :** pectines de haut poids moléculaire ;

**PLM :** pectines de faible poids moléculaire ;

**RGI :** Rhamnogalacturonane I.

**RGII :** Rhamnogalacturonane II.

**RMN :** résonance magnétique nucléaire.

**UDP-GaL A :** uridinediphosphate acide galacturonique.

**XGA :** Xylogalacturonane.

## Liste des Figures :

<b>Figure 01 :</b> Structure de la pectine.....	<b>4</b>
<b>Figure 02 :</b> Structure de base de la pectine.....	<b>6</b>
<b>Figure 03:</b> Schéma représentatif de la localisation de la pectine dans la paroi cellulaire ....	<b>7</b>
<b>Figure 04 :</b> stabilité de la pectine .....	<b>11</b>
<b>Figure 05 :</b> Modèle de gélification des pectines HM .....	<b>13</b>
<b>Figure 06 :</b> Représentation schématique de la gélification des pectines LM .....	<b>14</b>
<b>Figure 07 :</b> Schéma de synthèse et de la distribution des polysaccharides de matrice dans la paroi cellulaire .....	<b>16</b>
<b>Figure 08 :</b> dégradation enzymatique des pectines .....	<b>17</b>
<b>Figure 09 :</b> Procédé de fabrication des pectines .....	<b>22</b>

## **Liste des Tableaux :**

<b>Tableau I :</b> Principales sources de pectines d'intérêt industriel.....	<b>8</b>
<b>Tableau II :</b> Teneurs en degré de méthylation et degré d'acétylation de certaines pectine	<b>10</b>
<b>Tableau III :</b> Rendement en pectines de l'orange et citron. ....	<b>27</b>
<b>Tableau IV :</b> Réglementation sur les pectines.....	<b>35</b>





# *Introduction*

### Introduction :

La pectine est le principe gélatineux des végétaux. Elle est abondante dans les végétaux mais aussi dans les fruits et les légumes tels que la carotte et la pomme. Des auteurs tels que **Kar et Arslan (1999)** et **Yapo et al., (2007)** citent la pulpe de betterave comme source potentiellement importante de pectine. Pour **Schieber et al., (2003)**, la production de pectine est la voie la plus raisonnable d'utilisation des sous produits de l'industrie des jus d'agrumes, d'un point de vue économique mais également écologique.

En général, la pectine est extraite par un procédé physico-chimique. Ce processus commence par une étape d'extraction avec un acide minéral dilué chaud, suivie d'une récupération par précipitation dans l'alcool (**Seggiani et al., 2009**). Cependant, l'utilisation de acides minéraux forts (par exemple,  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ) peut être nocif pour l'environnement et nécessite des étapes supplémentaires pour éliminer les éléments toxiques.

Les pectines ont fait l'objet de nombreuses recherches portant notamment sur leurs fonctions au sein de la paroi végétale, leur structure chimique et leur caractérisation en tant qu'additifs. (**Thakur et al., 1997 ; Mesbahi et al., 2005**).

Ces substances sont largement 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 (**May, 1990**). Elles sont utilisées aussi comme renfort dans le domaine des biomatériaux (**Munarin et al., 2011; Sumathra et al., 2017**) et comme agent d'encapsulation des substances actives dans divers domaines (pharmaceutique, agroalimentaire, cosmétique, ...), ceci, grâce à leur propriété de former avec des ions divalents ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , ...) une boîte à œufs enveloppant des composés d'intérêt tels que les arômes, les vitamines (**Liu et al., 2003 ; Zam et al., 2013**) et notamment les composés phénoliques (**Martins et al., 2014 ; Pang et al., 2014**).

L'objectif de ce travail est de faire une recherche (ou étude) bibliographique sur les caractéristique physico chimique et les procédés d'extraction des pectines d'agrumes.

---

---

## *Chapitre I*

---

---

*Caractéristiques et propriétés  
physico-chimiques des pectines*

**Chapitre I : Généralités et Caractéristiques des pectines.****1 Historique :**

La structure chimique des pectines a fait l'objet de nombreuse recherche depuis des années. La pectine a été découverte par le scientifique **Vanquelin**, il y'a plus de 200 ans dans le jus de fruit.

Le nom de pectine n'a été employé qu'en 1825 par **Braconnot** : chimiste lorrain (1781-1855), qui rapporta l'existence d'un composé dont l'extrait aqueux était visqueux et le baptisa pectine, du mot grec PECTOS qui signifie « gelée ou rigidité ».

**Fermy** a en 1840 découvert la pectose chez les jeunes végétaux. Celle-ci est connue actuellement sous le nom de « protopectine ».

**Frisnius** (1856) et d'autres chimistes se sont intéressés à la nature chimique de cette substance, et ce fut qu'en 1924 que **Smolenski** assumait pour la première fois la désignation de polymère galacturonique.

En 1930, **Mayer et Mark** découvrirent la chaîne de formation de la molécule pectique, puis 1937 **M.Bock** établit sa formule chimique telle qu'elle est connue actuellement.

Enfin, les travaux les plus avancés sur les pectines ont été publiés en 1951, regroupés dans la monographie américaine de **Kertesz**, qui a traité d'une façon détaillée la chimie, l'état naturel, l'extraction et l'emploi des substances pectiques (*Mizi et mesrane, 2001*).

**2 Définition des pectines :**

Les pectines sont des polysides complexes entrant dans la composition des parois cellulaires de la plupart des végétaux supérieurs. Elles sont majoritairement présentes dans la lamelle moyenne et la paroi primaire (**Jenson et al., 2008**). La quantité de substances pectiques dans le végétal varie fortement en fonction de son origine botanique et des

conditions ainsi que la période de croissance (mode de culture, période de croissance...) (Caffall et Mohnen, 2009).

Les pectines sont abondantes dans les fruits et les légumes et évoluent avec la maturation des tissus. Bien qu'elles puissent être extraites d'un grand nombre de végétaux, les principales sources industrielles de la pectine sont les marcs de pomme et les écorces de citron et d'orange (Pinheiro et al., 2008 ; Combo et al., 2011).

Le marc de pomme contient entre 10 à 15 % de pectine et elle représente environ 20 à 30 % des écorces d'orange (Srivastava et Malviya, 2011).

Les pectines sont constituées essentiellement par des résidus d'acide galacturonique (Gal A) liés entre eux par des liaisons  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) partiellement acétylés ou estérifiés par des groupements méthyl (Ridley et al., 2001) (Figure 01).

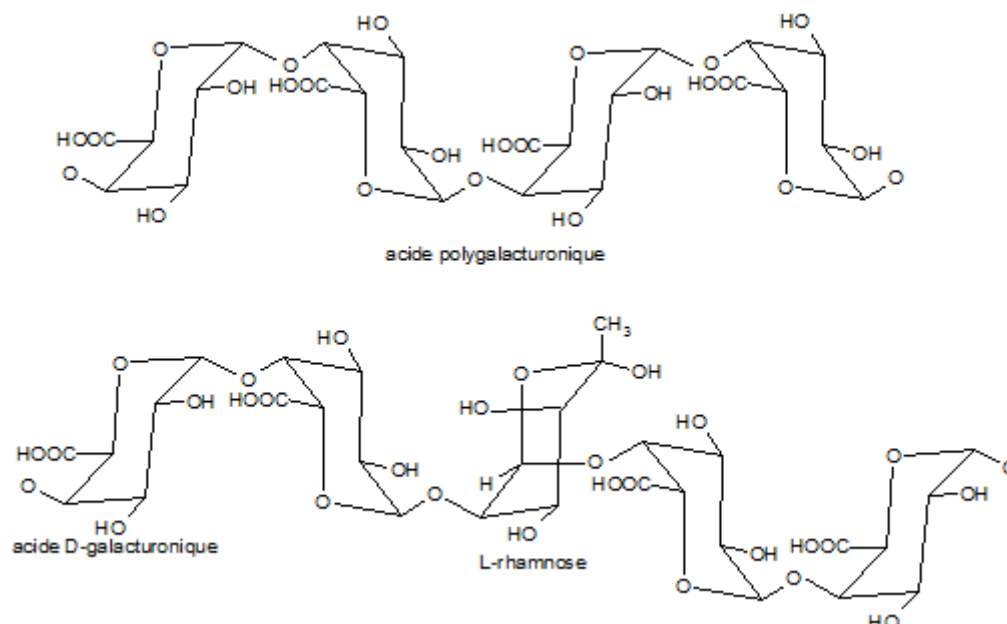


Figure 01 : Structure de la pectine (Anonyme 01)

### 3 Structure et caractéristiques de la pectine :

Ce sont des substances exclusivement d'origines végétale (Ridley et al., 2001). Il s'agit de polysaccharides constitués d'une chaîne principale d'acide galacturonique et de chaîne secondaire branchée (Figure 02). La chaîne principale est constituée d'acide D-galacturonique (D-Gal A) reliées par des liens glycosidiques  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4). Régulièrement entre

ces monomères s'installent des molécules de rhamnose par des liaisons  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 2) (Wicker et al., 2014).

Les pectines présentent des propriétés physico-chimiques spécifiques du fait de leurs caractères poly électrolytes. Ces caractères leur confèrent la capacité de s'associer entre elles et de former des gels en présence de cations divalents tels que le calcium et de les rendre ainsi susceptible aux interactions avec les protéines.

La pectine est riche en acide D-galacturonique, elle est classée en quatre principaux groupes: Homogalacturonane (HG), Rhamnogalacturonane I (RGI), Rhamnogalacturonane II (RGII) et Xylogalacturonane (XGA).

- **Homogalacturonane (HG) :** est constitué de polymères linéaires, composés principalement d'unités d'acide D- galacturonique (au moins 65%) reliées en chaîne par des liaisons  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) glycosidiques (Mukhiddinov et al., 2000; Sriamornsak P, 2003 ; Maxwell et al., 2012).
- **Rhamnogalacturonane I (RGI) :** RG-I sont des composants structuraux complexes de la paroi cellulaire (primaire). Leur squelette est composé du diglycosyle répété [ $\rightarrow$ 2)- $\alpha$ -L-Rhap-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -D-GalpA-(1 $\rightarrow$ )] (Renard et al., 1995), RG-I est censé être ramifié aux positions O-4/O-3 par 4 types de chaînes latérales différents, à savoir (1 $\rightarrow$ 5)- $\alpha$ -L-arabinane, (1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-galactane, arabinogalactane-I, et parfois avec arabinogalactane-II (Yapo et al., 2006 ; Maxwell et al., 2012).
- **Rhamnogalacturonane II (RGII) :** est un polysaccharide avec une structure complexe qui semble être remarquablement conservée à toutes les plantes vasculaires. RG-II est composé de 12 résidus glycosylés différents dont D- rhamnose , apiose , D- galactose , L- galactose, acide galacturonique , L- arabinose , xylose, et l' acide L- acérique , liés entre eux par au moins 21 liaisons glycosidiques distinctes (Mohnen, 2008).

- **Xylogalacturonane (XGA)** : sont des homogalacturonanes substitués en *O*-3 par un D -xylose- (1-3) lié en  $\beta$  , qui à son tour est parfois substitué en *O*-4 par un D -xylose lié en  $\beta$  supplémentaire (Albersheim et al., 1996 ; Zandleven et al., 2006).

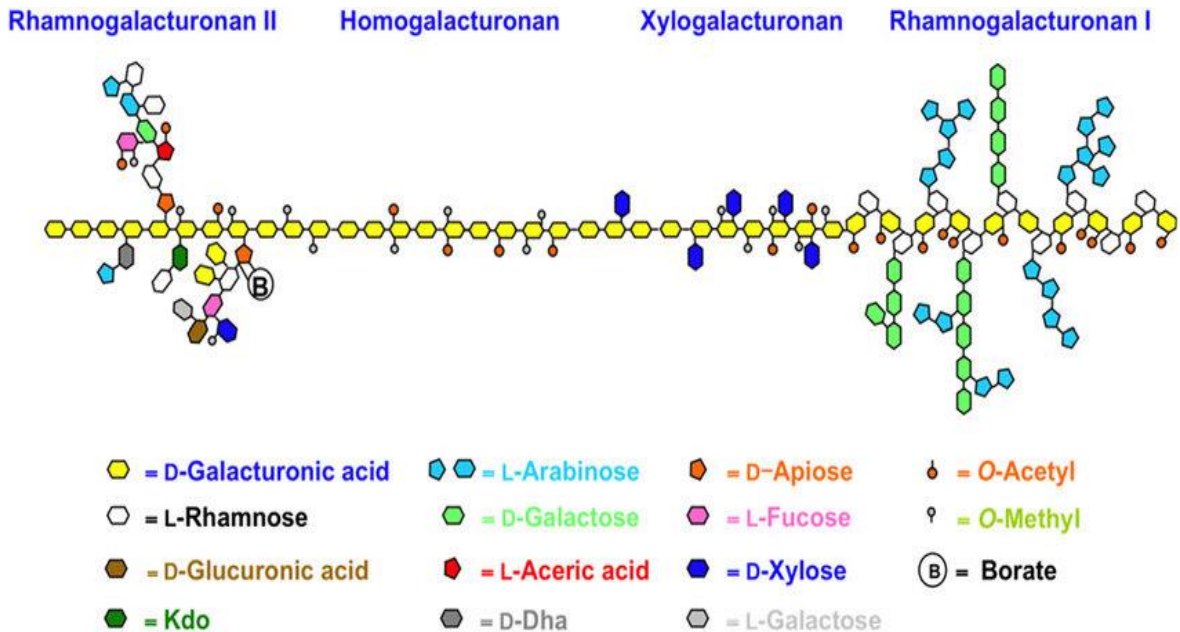
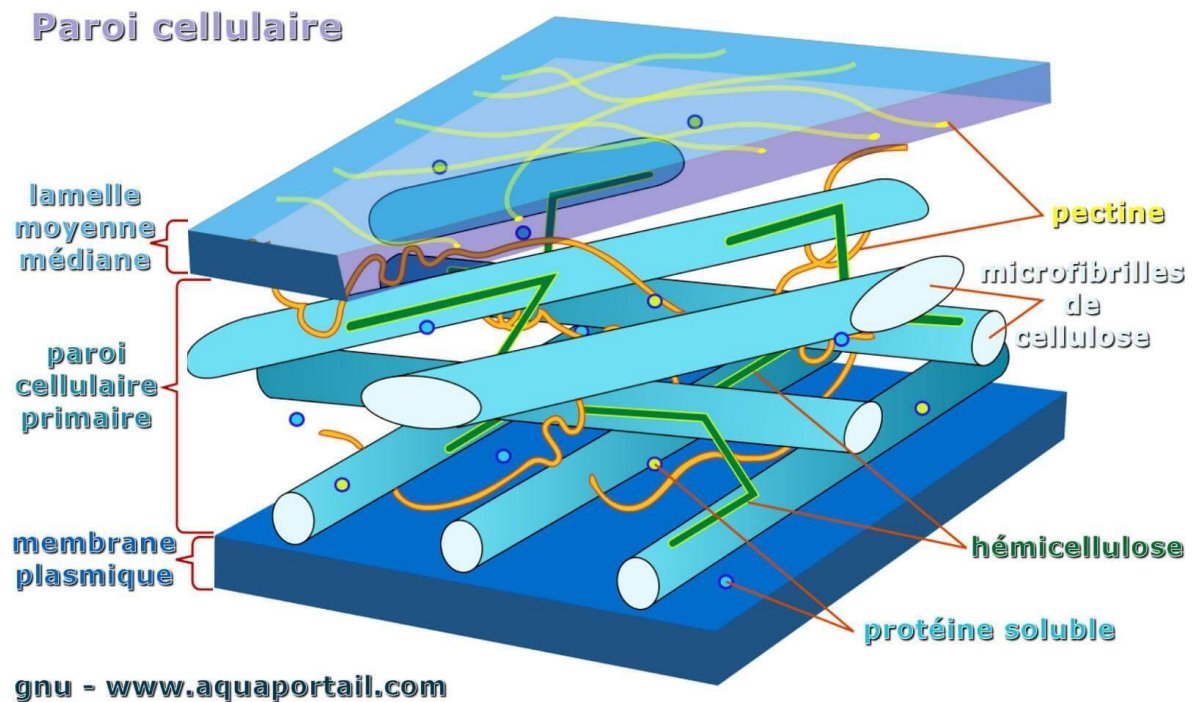


Figure 02 : Structure de base de la pectine (Harholt et al., 2010).

#### 4 Localisation des pectines :

Les substances pectiques sont une grande famille des éléments structuraux des parois cellulaires primaires et des régions intercellulaires des plantes supérieures où elles fonctionnent comme agents d'hydratation et matières de cimentage du réseau cellulosique. Elles sont majoritairement présentes dans la lamelle moyenne et la paroi primaire comme le montre la figure 03. (Goycoolea et al., 2003).

Elles sont généralement produites pendant les étapes initiales de la croissance des cellules primaires et constituent d'environ un tiers des substances sèches des parois de la cellule. La concentration la plus élevée des pectines dans la paroi des cellules est trouvée dans la lamelle moyenne, avec une diminution progressive de la paroi primaire des cellules vers la membrane plasmique (Goycoolea et al., 2003).



**Figure 03 :** Schéma représentatif de la localisation de la pectine dans la paroi cellulaire (Chan 2017).

## 5 Description des pectines et leurs origines :

Au début du XX<sup>ème</sup> siècle, les pectines sont produites industriellement et sont utilisées comme agent gélifiant des denrées alimentaires.

Les pectines participent à la cohésion de la cellule et au maintien des parois par le biais d'interactions mécaniques et chimiques avec les autres constituants de la paroi.

Bien que les pectines puissent être extraites d'un grand nombre de végétaux comme le montre le (Tableau I), les sources industrielles principales sont le marc de pomme et les écorces d'agrumes (citron, orange) (Donato, 2004).

D'un point de vue nutritionnel, les pectines sont considérées comme des fibres solubles ayant une forte capacité de rétention d'eau (Donato, 2004).



**Tableau I :** Principales sources de pectines d'intérêt industriel (Paquot et al., 2010).

<b>Fruit</b>	<b>Teneur en substances pectiques (% m/m)</b>
Zeste d'orange	3,5-5,5
Pulpe de citron	2,5-4,0
Pomme	0,5-1,6
Banane	0,7-1,2
Pêche	0,1-0,9
Fraise	0,6-0,7
Tomate	0,2-0,6
Carotte	0,2-0,5
Fruit de passion	0,5
Mangue	0,26-0,42
Ananas	0,04-0,13

## 6 Groupements fonctionnels des pectines :

### 6.1 Degré de méthylation (DM) :

Les pectines commerciales hautement méthylées présentent un degré de méthylation de 60 à 75 % et les pectines faiblement méthylées présentent un degré variant entre 20 à 40 % (Sriamornsak, 2003).

Pour cette raison on définit le DM comme étant le nombre de fonctions acides estérifiées pour 100 monomères d'acides galacturonique. Ainsi deux familles de pectines sont distinguées :

- Pectine hautement méthylée ou HM (high méthoxy) avec  $DM > 50$  %.
- Pectine faiblement méthylée ou pectine LM (lowméthoxy) avec  $DM < 50$  %.

Le substituant méthanol joue un rôle majeur dans les propriétés physiques des pectines (Guillot, 2005). La répartition des groupements méthyles, le long de la chaîne

principale joue un rôle important dans les processus de gélification, elle peut être regroupée ou aléatoire.

Il existe plusieurs méthodes qui peuvent être utilisées pour déterminer la teneur en méthanol de la pectine :

- Méthode titrimétrique (**Food Chemistry Code, 1981**).
- Spectroscopie IR (infra-rouge) (**Guillotin, 2005**).
- Méthodes utilisant la spectroscopie par résonance magnétique nucléaire (RMN) (**Guillotin, 2005; Dennapa et al., 2006**).
- Colorimétrie après oxydation enzymatique ou chimique en formaldéhyde (**Thibault et al., 2000**).

Chez certaines pectines LM, les fonctions acides sont neutralisées par de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) et forment une fonction amide, ce sont les pectines amidés ou pectines LMA.

Les acides galacturonique amidés peuvent être dosés en déterminant l'ammoniac libéré après distillation alcaline ou par une des variantes des méthodes de dosage d'azote total.

## **6.2 Degré d'acétylation (DAc) :**

Il est défini comme le pourcentage de résidus galacturosydes estérifiés par un groupement acétyle. Ces groupements se localisent généralement au niveau des résidus rhamnogalacturonanes (**Sharma et al., 2006**).

L'acide acétique est également dosé après saponification par chromatographie en phase gazeuse, par chromatographie liquide haute pression ou par des méthodes enzymatiques, ou encore par titrimétrie après distillation (**Thibault et al., 2000; Levigne et al., 2002**), ou par spectrométrie RMN (**Bedouet, 2003**).

Les teneurs de DM et DAc diffèrent d'une pectine à une autre selon leur origine et les conditions de leur extraction. Les pectines de pommes et d'agrumes sont théoriquement riches en groupements méthyles et pauvres en groupements acétyles, alors que celles d'abricots et de betteraves sont riches en groupements acétyles (**Tableau II**).

### 6.3 Degré férulique (DF) :

L'acide ferulique peut être dosé sous forme ester ou sous forme libre par spectrophotométrie et sous forme libre, par chromatographie liquide à haute pression ou après dérivation par chromatographie (Baississe, 2009).

**Tableau II :** Teneurs en degré de méthylation et degré d'acétylation de certaines pectines.

ORIGINE des PECTINES	DM	DAC	METHODES	REFERENCES
Pommes	73	5	HPLC	Thomas et Thibault (2002)
Pommes	72.8	62.3	HPLC	Constenla et al. (2002)
Pommes	68	-	HPLC	Ralet et al. (2001)
Citrons	80.5 71	32.3 -	Spectrométrie RMN	Bedouet et al. (2003)
Fraises	50	58	HPLC	Levigne et al. (2002)
Fraises	88	-	HPLC	Fishman et al. (2006)
Betteraves	65.6	29.2	HPLC	Yapo et al. (2006)

## 7 Propriétés physico-chimiques des pectines :

### 7.1 Solubilité et précipitation :

Du côté nutritionnel, les pectines sont examinées comme des fibres solubles ayant une forte capacité de rétention d'eau. La pectine est définie comme un biopolymère hydrosoluble qui fournisse des solutions visqueuses. Lorsque le DM diminue l'hydrosolubilité décroît (Lopes da Silva *et al.*, 2006).

La pectine est soluble dans l'eau, formant une solution, opalescente, colloïdale et insoluble dans l'éthanol (Comité mixte FAO/OMS, 1986).

### 7.2 Stabilité et dégradation :

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. Si la température augmente l'hydrolyse est accélérée.

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 glycosidiques et dans les résidus de l'acide galacturonique méthoxylés.

À des températures > 60°C, la dégradation n'a lieu qu'à un pH légèrement acide (pH proche de 5) (Oosterveld *et al.*, 1996) (Figure 04).

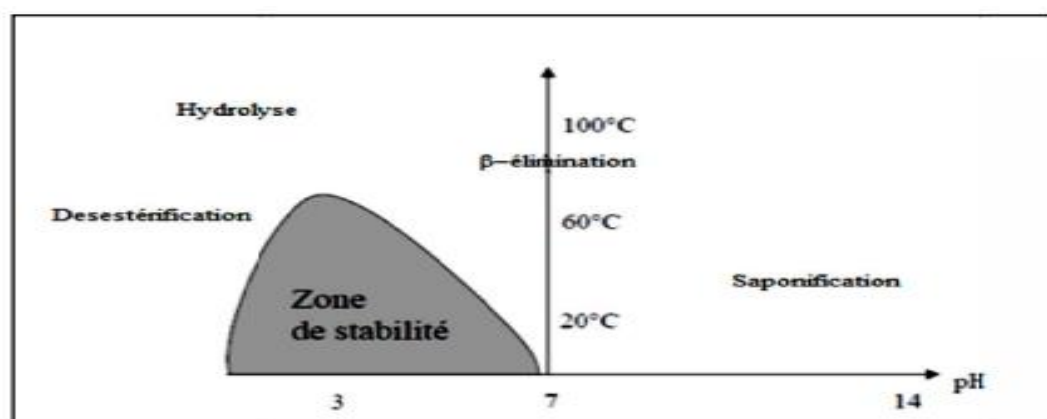


Figure 04 : stabilité de la pectine (Renard, 2010).

### **7.3 La viscosité :**

La Viscosité des pectines est faible par rapport à la plupart des autres gommés. Les pectines ont la capacité de former des solutions viscoélastiques et un réseau structural qui sont très utilisées dans les gelées, les confitures et marmelades. Toutefois, les pectines ont des conséquences intéressantes grâce au comportement newtonien des solutions de pectines à concentration faible.

La Viscosité est particulièrement remarquable chez les pectines d'agrumes qui possèdent des poids moléculaires élevés. Elles sont utilisées dans la production de certains produits comme les jus de fruits concentrés pour restituer la viscosité caractéristique des jus (**Leroux et al., 1983**).

Les pectines de la betterave sucrière sont caractérisées par un faible pouvoir gélifiant et une faible viscosité par rapport à celles obtenues de la pomme ou du citron, ce qui limite leur application dans l'industrie alimentaire. Ces propriétés physiques ont été donné d'une part, d'un poids moléculaire relativement faible au nombre important de groupements acétyles présents dans leurs chaînes et d'autre part, à leur poids moléculaire relativement faible (**Oosterveld et al., 1996**).

### **7.4 Propriétés gélifiantes :**

Les pectines possèdent des propriétés de gélification liées essentiellement à leur composition.

#### **7.4.1 Gélification des pectines hautement méthylées (HM) :**

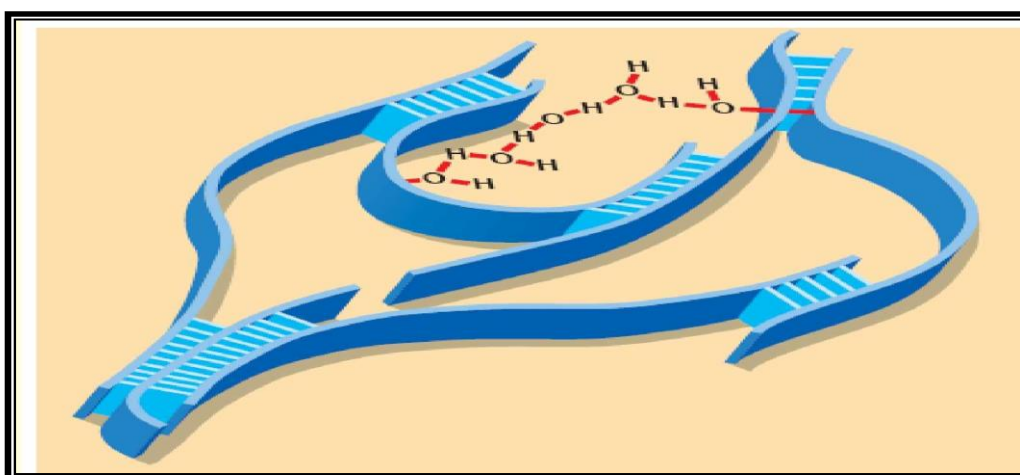
Les pectines vont se retrouver très hydratées et chargées négativement dans des solutions aqueuses diluée suite à la présence des fonctions acides non estérifiées (**Figure 05**) (**Anonyme 02**).

Pour la formation du gel, il faut que l'hydratation des pectines diminue et que la répulsion entre les groupements acides soit le plus faiblement possible.

La diminution d'hydratation est obtenue en ajoutant des dépresseurs d'eau sous la forme de saccharides. Le saccharose sera plus particulièrement utilisé car il va détruire l'enveloppe des pectines en eau (**Anonyme 02**).

La réduction d'ionisation est obtenue en réduisant la dissociation des groupements acides en diminuant tout simplement le pH du milieu. Lorsque ces deux conditions sont vérifiées, les interactions polymères-polymères sont favorisées par rapport aux interactions polymères-solvant. Des ponts hydrogène se produisent entre les différentes chaînes et les zones de jonctions causées par la présence du rhamnose qui permet la formation d'une structure tridimensionnelle (**Anonyme 02**).

Le principe énoncé est applicable à la fabrication marmelades et des confitures.

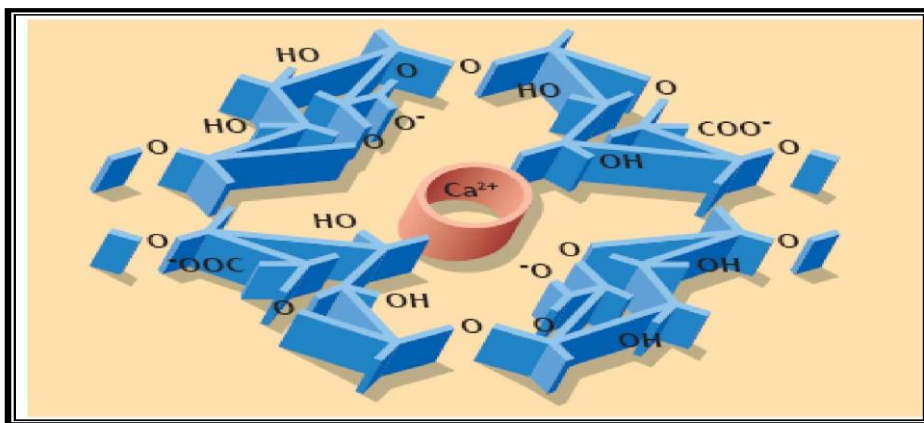


**Figure 05** : Modèle de gélification des pectines HM (**Herbstreith et Fox, 1998(a)**).

#### 7.4.2 Gélification des pectines faiblement méthylées (LM) :

Dans une solution aqueuse diluée, les pectines faiblement méthylées expriment trop de charges négatives libres pour envisager une diminution d'ionisation par abaissement de pH. Ce pH trop acide dénature la structure des pectines (**Anonyme 02**).

La gélification est une conséquence de la formation des zones de jonction entre les régions HG des deux chaînes pectiques via des ponts  $\text{Ca}^{++}$  (**Sriamornsak, 2003 ; Sharma et al., 2006**) en produisant des cavités qui permettent l'association des chaînes de pectines par la chélation des ions de calcium, formant un réseau moléculaire (**Sriamornsak, 2003**) (**figure 06**) (**Anonyme 02**).



**Figure 06 :** Représentation schématique de la gélification des pectines LM (Sharma et al., 2006).

### 7.5 Emulsification :

L'emulsification est une propriété fonctionnelle liée principalement aux protéines des aliments. Généralement le caractère hydrophile des polysaccharides signifie qu'ils possèdent peu d'activité dans une interface huile-eau, par conséquent, ils ne sont pas aussi utiles en tant qu'agents émulsifiants. Depuis 1927, la pectine joue le rôle d'un agent émulsifiant dans plusieurs applications : les émulsions d'huiles végétales et de mayonnaise (Leroux et al., 2003).

## 8 Propriétés épaississantes des pectines :

Les pectines sont définies comme matières épaississantes anioniques (Herbstreith et Fox 1998 ; Ptiocina et al., 2008). L'addition de pectine à un produit alimentaire complexe comme la confiture change la perception de la flaveur, mais l'effet dépend des composés d'arôme et du type de pectine.

La concentration en composés majeurs et l'intensité olfactive du composé apolaire diminue à la fois lors de l'ajout de pectine HM. L'ensemble des études ont conduit à mettre une hypothèse que des liaisons chimiques covalentes ou hydrophobes entre la pectine et les composés d'arôme sont la cause de changement de la perception olfactive.

## **9 Propriétés associatives des pectines :**

Les produits alimentaires transformés, forment des systèmes complexes, figurés par un ensemble d'ingrédients comme les polysides (pectines). Au cours de la transformation des aliments, ces ingrédients peuvent être modifiés, conférant ainsi au système de nouvelle fonctionnalité. La structure finale est donc précisée par les interactions entre les composants au sein du produit (**Sharma et al., 2006**).

## **10 Biosynthèse de la pectine :**

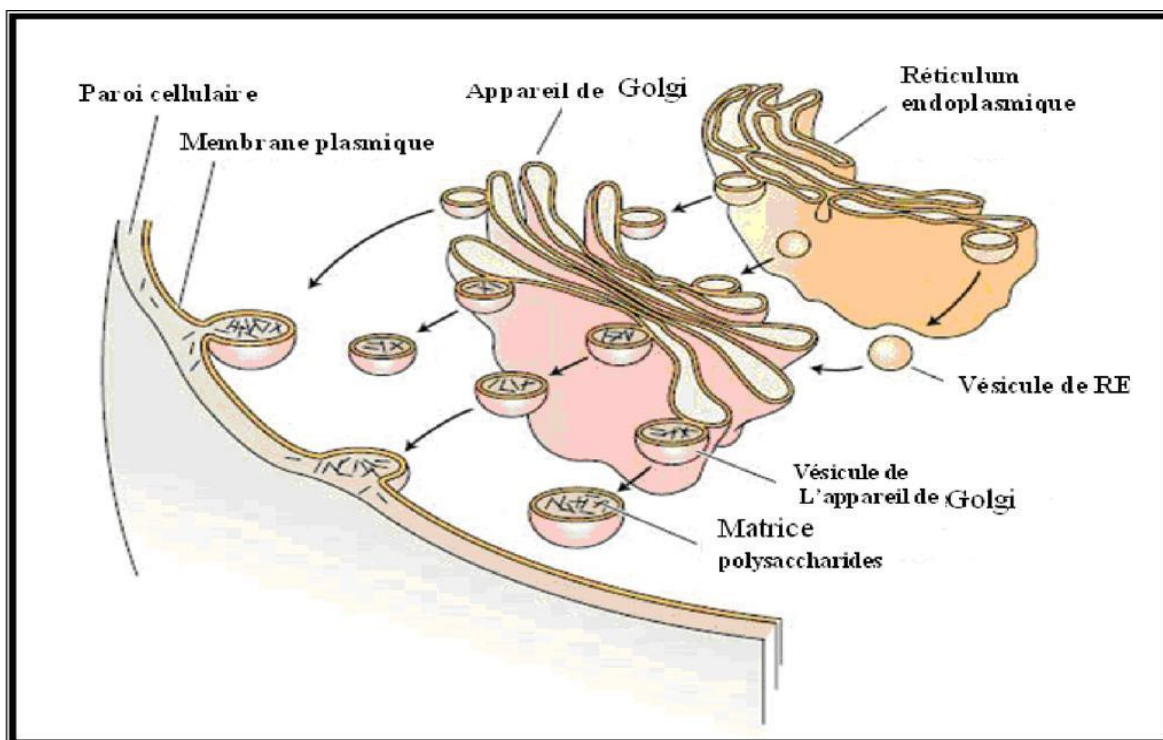
Il est largement admis que les polysaccharides des parois cellulaires proviennent de la polymérisation de monosaccharides (**Yapo, 2007**) et que l'appareil de Golgi est le lieu de synthèse des polysaccharides non cellulotiques, en l'occurrence les pectines (**Mohnen, 2002; Bacic, 2006**). Ces composants polysaccharidiques seraient d'abord synthétisés de manière séparée avant que n'intervienne, ultérieurement, leur probable assemblage en complexe pectique (**Vincken et al., 2003**). Selon **Albersheim et al., (1997)**, quelle que soit la nature du polysaccharide pectique en synthèse, le mécanisme d'assemblage d'éléments simples en composants polysaccharides, comprend cinq grandes phases :

- Chargement /activation
- Activation complète
- Formation de dimère
- Connections du dimère formé au reste de la chaîne en croissance.
- Translocation de la chaîne allongée.

Le complexe enzymatique responsable de la polymérisation des monosaccharides est une glycosyl-transférase qui se localise dans la lumière de l'appareil de Golgi (**Geschi et al., 2004 ; Harolt et al., 2006**) et chaque fragment pectique a son propre complexe enzymatique (**Ridley et al., 2002**). Les pectines étant des structures hautement complexes, leur synthèse nécessiterait au moins 53 activités enzymatiques différentes, notamment des enzymes glycosyl-transférase (**Mohnen, 2002**) et d'autres méthyle transférase (**Thibault et al., 2000; Ralet et al., 2001; Mohnen, 2002**) et H-G acétyle transférase (**Ralet et al., 2001; Mohnen, 2002; Ridley et al., 2002**). Les premiers seront responsables de l'élongation de la chaîne pectique, par la catalisation de l'addition des résidus d'acides



galacturonique à partir de l'UDP-GaL A à la chaîne (Mohnen, 2002) et les deuxièmes seront responsables respectivement sur la méthyle estérification (Ridley et al., 2002) et l'acétylation (Ridley et al., 2002 ; Mohnen, 2002). Après la synthèse de différentes structures polysaccharidiques (HG, RGI, RGII), leur assemblage se fait : soit dans les vésicules de sécrétion (Carpita et Mc Cann, 2000), soit au niveau de la matrice extracellulaire. (Willats et al., 2006)(Figure 07).



**Figure 07** : Schéma de synthèse et de la distribution des polysaccharides de matrice dans la paroi cellulaire (Taiz et al., 2002).

## 11 Dégradations des pectines :

### 11.1 Dégradation chimique :

La substance pectine dans la solution peut subir deux types principaux de dégradation : la desésterifications et la dépolymérisation.

#### 11.1.1 Réactions de desésterifications :

C'est un ensemble de réactions classiques qui libèrent du méthanol. (Baissise, 2009).

11.1.2 Réactions de dépolymérisation :

Elles s'effectuent soit par hydrolyse des liaisons  $\alpha$  (1-4), soit par des réactions de  $\beta$ -élimination qui provoquent la rupture des liaisons glycosidiques adjacentes en un groupe estérifié entre les résidus d'acides galacturonique et provoque l'apparition d'une double liaison entre les carbones C-4 et C-5 (Morris *et al.*, 2002).

11.2 Dégradation enzymatique :

Elle fait intervenir plusieurs enzymes à cause, non seulement de leurs hétérogénéités et complexité, mais également de la complexité organisationnelle de la paroi (Figure 08).

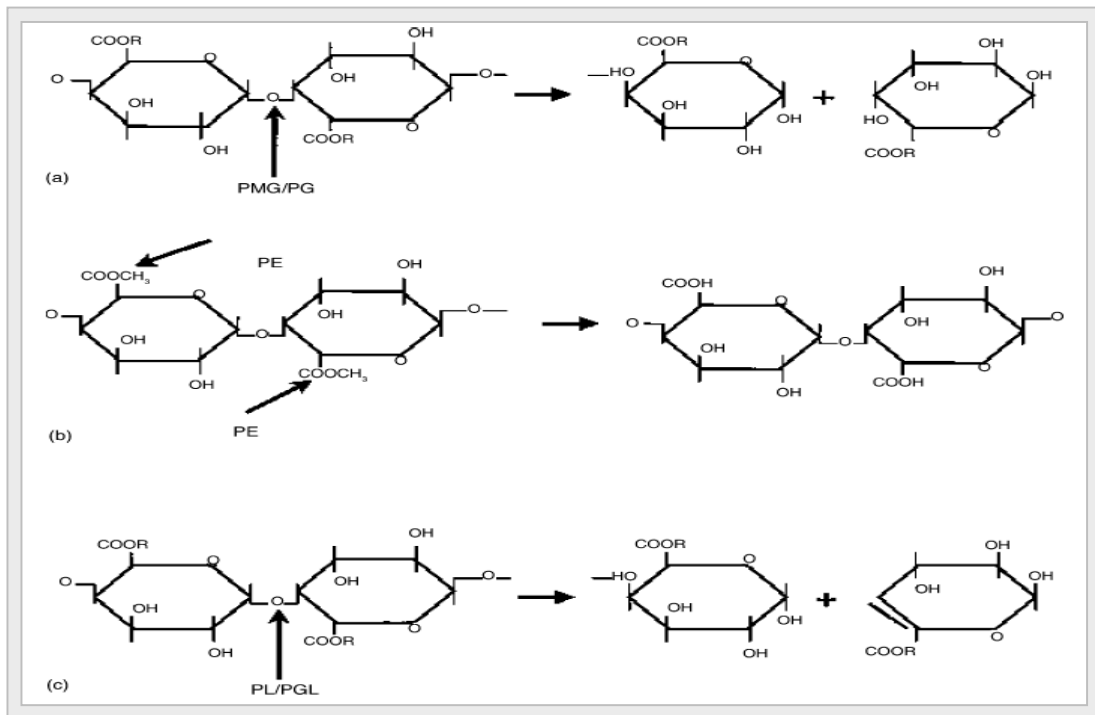


Figure 08 : dégradation enzymatique des pectines (Ralet *et al.*, 2001).

*PMG* : polyméthylgalacturonases ; (a) R = H pour PGL et CH<sub>3</sub> pour PMG ;

*PG* : polygalacturonases ; (b) PE ;

*PE* : pectinesterase ; (c) R = H pour PGL et CH<sub>3</sub> pour PL ;

*PL* : pectin lyase.

\*La flèche indique la place où les pectinases réagissent avec les substances pectiques.

Les pectinases dégradant les zones lisses des pectines (HG) sont classées en deux catégories : les dépolymérase et les estérase (pectine acétylestérase et pectine méthylestérase), et cela en fonction de la spécificité de la réaction catalysée, du substrat, du mode de coupure et des produits formés.

La dégradation des rhamnogalacturonanes I (RGI), zones hérissées, implique des enzymes actives sur le squelette principal présent sur les chaînes latérales (arabinanes, galactanes, arabinogalactanes) et sur les groupements acétyles, présents uniquement sur les chaînes principales. Les différents clivages de la chaîne principale aboutissent à la production d'acide galacturonique, de rhamnose et ceux des chaînes latérales à la production d'arabinose et/ou de galactose (**Boudraa, 2017**).

---

## *Chapitre II*

---

# *Procédés d'extraction des pectines*

## **Chapitre II : Procédés d'extraction des pectines.**

### **1 Extraction des pectines :**

Les pectines se trouvent sous des formes liées (en association avec d'autres polymères pariétaux) et sous formes libres dans la paroi végétale.

Plusieurs modes d'extraction des pectines sont envisageables. Il peut s'agir des méthodes chimiques, physiques ou enzymatiques.

#### **1.1 Extraction chimique :**

Les pectines sont des hydrocolloïdes et à ce titre, elles sont fréquemment isolées après extraction en solution suivie d'une coagulation dans l'alcool. Pour obtenir une poudre fine le coagulât doit être filtré, lavé, séché et enfin broyé. Le procédé d'extraction fait appel à la méthode conventionnelle en utilisant un système à reflux ou un « soxhlet ».

L'extraction acides des pectines faiblement méthylés, estérifiées est facilitée par la présence de chélateurs de calcium tels que le CDTA, l'EDTA, l'imidazole ou l'oxalate d'ammonium (Yeoh *et al.*, 2008).

Les pectines sont généralement extraites avec de l'eau chaude (90 à 100°C), en milieu acide (pH compris entre 1.5 et 3.0) et à des temps allant de 0.5 à 6 heures (Ralet *et al.*, 2002).

##### **➤ Extraction par l'alcool :**

La pectine est obtenue à partir de résidus sous forme de poudre ou de concentré. Avant l'extraction de la pectine, les résidus séchés à 90 °C sont triturés et traités à l'eau froide à la température de 10-15 °C durant 30-40 minutes en vue de l'élimination des sucres, des acides, des sels et d'autres substances solubles qui rendent difficiles l'extraction de la pectine.

Après blanchiment des fruits ou des résidus pendant 7 minutes par la vapeur ou l'eau chaude, la pectine est extraite par l'eau chaude (80-95°C) acidulée avec de l'anhydride

sulfureux de sorte que le pH du mélange soit dans les limites de 1,8-2,7 (**Benamara et Agougou, 2003**).

Cette acidification est surtout nécessaire pour l'hydrolyse de la protopectine. Le chauffage accélère l'extraction et inactive les enzymes. Le rapport résidus / eau cité par **Benamara et Agougou (2003)** représente 1/26, alors que ce rapport peut atteindre 1/50 (g/ml) avec un intervalle du pH de 3,8 – 4,0 dans les conditions optimales citées par **Singthong et al., (2005)**.

La durée de traitement à l'eau chaude est d'une heure. L'extrait pectique obtenu par pressurage est séparé sur un tambour perforé et purifié de l'amidon, de protéines et autres substances organiques. La pelure subit une deuxième extraction.

➤ **Extraction par les sels de précipitation :**

Les matières sèches obtenues après séchage des écorces d'orange fraîches, sont soumises à l'extraction en ajoutant de l'eau, dans un rapport : écorces / eau de : 1 /50 (g/ml). Le pH est ajusté à 1,5 avec 0,5 M HCl. Le mélange est alors chauffé à 80 –82 ° C, et l'extraction est effectuée avec agitation continue pendant une heure. Après, la masse chaude est filtrée à l'aide d'un tissu (**Kratchanova et al., 2004**).

Selon **Zhongdong et al., (2005)**, les écorces d'oranges sont lavées avec de l'eau jusqu'à ce que l'eau de lavage finale devient sans couleur. Après avoir été séchée, les écorces ont été plongées dans l'eau, dans un rapport : écorces / eau de 1/20 (g/ml). Le pH est ajusté à 2 avec une solution de 0,5 M HCl.

Les échantillons sont maintenus stables, pendant 10 minutes. Le mélange est alors chauffé, filtré et refroidi. Plus tard, 50 ml de solution saturée de sulfate d'aluminium ( $Al_2(SO_4)_3$ ) sont ajoutés lentement dans le filtrat et le pH est ajusté à 4 par l'addition de la solution d'ammoniaque.

Après ces traitements, le filtrat est agité pendant une demi-heure, puis laissé reposer une heure pour permettre au gel d'hydroxyde d'aluminium de pectine de se former, ce dernier (le gel) est alors rassemblé par centrifugation.

Après avoir été traité avec de l'alcool éthylique acidulé [60% alcool éthylique / HCl concentré; 5/1 (v/v)], le gel d'hydroxyde d'aluminium de pectine est alors lavé avec de l'eau propre et séché à une température ambiante. Le gel est filtré de nouveau, lavé deux fois avec de l'alcool éthylique neutre (60 %), ensuite déshydraté par trempage en alcool

éthylrique pure (1000 mL), finalement la pectine est séchée à 50°C dans une étuve à circulation d'air.

Les différentes étapes d'extraction de la pectine sont citées sur la figure suivante :

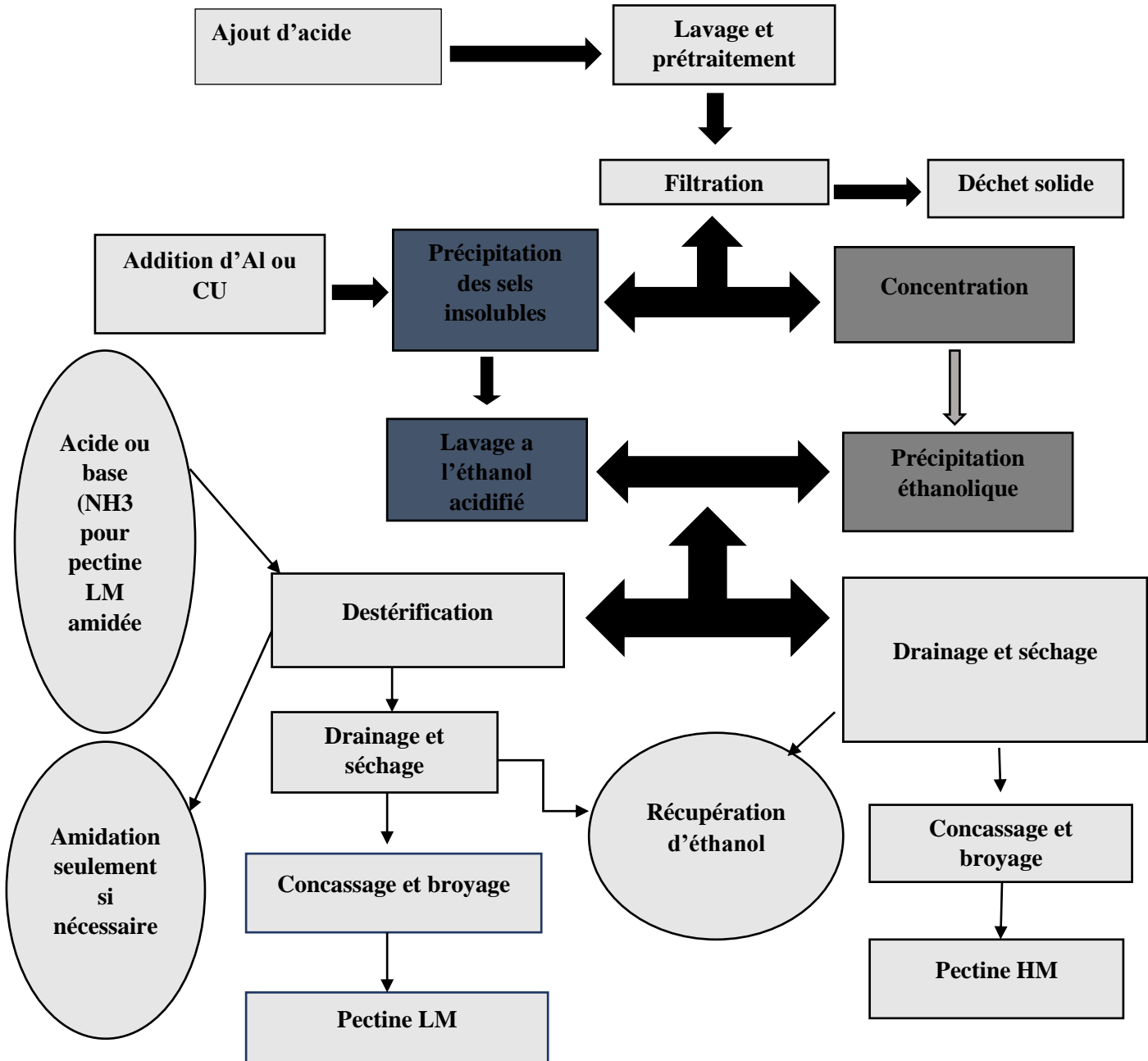


Figure 09 : Procédé d'extraction des pectines.

Selon Joye et Luzio (2000), les conditions d'extraction souvent utilisées sont :

- PH de 1.5 à 3.

- Température de 60 à 100° C.
- Temps de 0.5 à 6 heures.

## **1.2 Extraction physique :**

La dissociation des pectines de la paroi végétale exige un milieu aqueux. Cependant de nombreux procédés d'extraction des pectines sont considérés comme physiques (ou mécaniques). Parmi ces procédés on trouve :

- Extraction par cuisson – extrusion.
- Extraction par Soxhlet ou pression manuelle.
- Extraction par Micro-onde.
- Méthode d'extraction assistée par ultrason.
- Extraction par Flash-détente.

### ➤ **Extraction par cuisson – extrusion :**

Le rendement et la composition osidique des pectines extraites par cuisson – extrusion varient en fonction des paramètres d'extraction. Le rendement est dans certains cas similaire à celui obtenu par extraction acide (**Yapo, 2007**).

Le principe du procédé de cuisson-extrusion est identique au procédé de base, il comporte les mêmes opérations unitaires : l'aliment est d'abord mélangé et homogénéisé grâce à l'apport d'énergie mécanique, il est ensuite cuit grâce à l'énergie thermique apportée afin de modifier certaines de ses liaisons moléculaires et puis, le produit sera extrudé grâce à la force de pression vers l'extérieur à travers la filière (**Anonyme 03**).

### ➤ **Extraction par Pression :**

L'extraction des pectines d'agrumes réalisée sous pression, tout en préservant le rendement massique d'extraction, génère par rapport à des protocoles conventionnels, des extraits de masses moléculaires plus importantes (**Brat et al., 2002**).

### ➤ **Extraction par Soxhlet :**

L'extraction des pectines de la paroi exige un milieu aqueux (eau pure, agents chimiques dilués ou enzymes). Parmi les procédés d'extraction physiques insuffisamment



précis se classent l'extraction par Soxhlet ou pression manuelle. L'extraction par Soxhlet donne un rendement pectique plus important que celui par extraction par pression manuelle (**Boudraa, 2017**).

➤ **Extraction par micro-ondes :**

La durée d'extraction des pectines est réduite lors de l'utilisation des microondes, cette méthode peu coûteuse donne un bon rendement et limite les phénomènes de dépolymérisation par rapport aux méthodes conventionnelles (**Fishman et al., 2000 ; Liu et al., 2006 ; Wang et al., 2007 ; Maran et al., 2014 ;**).

L'extraction de 15 min sous radiations micro-ondes est convenable pour donner la même quantité de pectine dans un appareil soxhlet pendant 3h (**Yeoh et al., 2008**).

Ce traitement accélère la rupture des cellules en provoquant une augmentation rapide de la température et de la pression interne dans les parois des cellules végétales (**Inoue et al., 2010**).

➤ **Extraction par Ultrason :**

Une méthode efficace, peu coûteuse et simple est la méthode d'extraction assistée par ultrason ; elle aide à augmenter les rendements d'extraction avec une diminution du temps et de la température sans altérer la texture du gel obtenu. Une étude sur l'extraction assistée par ultrasons de la pectine à partir de l'écorce de pamplemousse a prouvé que le rendement accroit de 16.34 % par rapport à la méthode conventionnelle avec une réduction de la température de 13.3°C et le temps de l'expérience de 37.78 %. La microstructure et la couleur de la pectine obtenue n'ont pas été affectées par ce type d'extraction (**Wang et al., 2015**).

Les pectines extraites par ultrasons se distinguent par leur teneur en acide anhydrouronique, en pectate de méthoxy et de calcium ainsi que par leur degré d'estérification. Les conditions douces de l'extraction par ultrasons empêchent une dégradation thermique des pectines thermosensibles (**Anonyme 04**).

L'extraction par ultrasons peut être effectuée à l'aide de différents solvants comme l'eau, l'acide citrique, la solution d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>pH 2,0), ou d'oxalate d'ammonium/acide oxalique, ce qui permet également d'intégrer la sonication dans les lignes d'extraction existantes (**Anonyme 04**).

Cette technique est basée sur le principe de fonctionnement de la cavitation acoustique ou ultrasonique (**Anonyme 04**).

En milieu liquide, le traitement par ultrasons conduit à un phénomène de cavitation. Cela entraîne la formation de bulles microscopiques instables qui vont imploser. Ce phénomène fait varier la température et la pression à proximité des bulles. Ces conditions modifient la structure du résidu mis en solution, ce qui permet une meilleure pénétration des solvants d'extraction.

L'utilisation des radiations  $\gamma$  induit principalement la formation de radicaux hydroxyles libres qui catalysent la dépolymérisation du polysaccharide (**Courtois, 2009**).

Le traitement par l'irradiation  $\gamma$  entraîne une diminution de la viscosité et du degré de méthylation des pectines (**Sjoberg, 1987**).

➤ **Extraction par Flash-détente :**

Cette méthode brevetée par l'INRA, a été inventée au départ pour l'industrie agro-alimentaire afin de mieux extraire les arômes de certains fruits et optimiser le temps de cuisson des confitures (**Anonyme 05**).

L'appareillage utilisé pour cette technique se compose de trois parties principales : le réacteur d'une capacité de 12 litres, la cuve à vide d'une capacité de 360 litres et une vanne reliant les deux (**Rezzoug et al., 2005**).

Après avoir disposé les peaux d'orange (~100 g M.S) à l'humidité désirée dans le réacteur, le traitement thermomécanique commence par l'instauration d'un vide d'environ 50 mbar puis par une injection de vapeur d'eau saturante, sous pression, entre 100 et 700 kPa dans notre étude. Le vide initial permet d'améliorer le transfert de chaleur entre le fluide caloporteur et la matière. Après un temps de séjour fixé, une chute brutale de la pression est induite suite à l'ouverture rapide (~200 msec) de la vanne qui relie l'autoclave et la cuve à vide (**Rezzoug et al., 2005**).

D'un côté, les condensats contenant l'huile essentielle sont récupérés dans un sas spécialement prévu à cet effet et de l'autre côté, les peaux ayant ainsi subi un prétraitement thermomécanique sont récupérées afin d'en extraire la pectine.

La détente rapide vers le vide induit des contraintes qui produisent un déséquilibre thermodynamique et a pour effet une vaporisation de type "flash" de l'eau, ainsi que les

molécules volatiles, contenues dans les peaux d'oranges. Cette vaporisation va créer des microcavités dont l'amplitude va dépendre des propriétés rhéologiques et de l'humidité de la matière première. De plus le fait que celle-ci soit effectuée dans des conditions adiabatiques fait que le refroidissement des peaux d'oranges se fait aussi rapidement, ce qui évite d'éventuelles dégradations thermiques (**Rezzoug et al., 2005**).

### **1.3 Extraction enzymatiques :**

Contrairement aux méthodes chimiques et physiques, l'introduction d'enzymes du groupe des hydrolases ou lyases dans le milieu réactionnel permet de cibler les liaisons glycosidiques. Ces méthodes dites « méthodes douces » sont peu consommatrices d'énergie et limitent les réactions secondaires (comme la caramélisation).

Les pectines extraites par voie enzymatique ont un degré d'estérification plus élevé et sont très solubles dans l'eau (**Turakhozhaev et Khodzhaev, 1993**). bien entendu que le traitement prolongé de la matière première (environ 20 h) donne lieu à une pectine à faible indice de gélification (**Sakai et al., 1993**).

Selon **Ranveer et al., (2005)**, les enzymes pectolytiques peuvent se diviser, en 3 groupes, d'abord celui des protopectinases : qui dégradent les protopectines insolubles et donnent une teneur élevée en pectines solubles de haute polymérisation. Puis celui des estérases qui catalysent la deestérification des pectines par l'enlèvement des esters méthoxyles et enfin celui des depolymerases qui catalysent le clivage hydrolytique des liaisons glycosidiques  $\alpha$  (1→4) qui fait partie de l'acide D-galacturonique dans les substances pectiques.

L'association des pectines et des enzymes a un rôle très important dans l'industrie des jus de fruits par leurs propriétés stabilisantes et gélifiantes. Aujourd'hui les pectines sont produites par précipitation à partir d'effluents acides, ce qui entraîne un certain nombre de problèmes, comme la corrosion des équipements, un affaiblissement du degré de polymérisation suite à une hydrolyse incontrôlée, c'est un indice important pour les pectines commerciales. L'extraction enzymatique permet de contourner ces problèmes. Des expériences d'extraction par divers enzymes : endoarabinase, galactanase, pectine lyase, endopolygalacturonase ont été effectuée ; par exemple cette dernière permet d'obtenir des pectines à haut degré de méthylation. Cette enzyme est synthétisée par plusieurs micro-

organismes, mais les levures du genre *Kluveromyces* synthétisent comme seule enzyme pectolytique (Donaghy *et al.*, 1994).

Le tableau suivant montre les résultats des essais d'extraction des pectines de deux sous-produits végétaux réduits en poudre par la polygalacturonase :

**Tableau III :** Rendement en pectines de l'orange et citron.

Source	Rendement en pectine (%)
Ecorce d'orange	12,5
Ecorce de citron	18

Le rendement en pectine est calculé selon la relation suivante :

$$Y\% = m_1/m_2 * 100$$

## 2 Dosages des pectines :

Le dosage des pectines est fait par des méthodes colorimétriques globales ou par des méthodes chromatographiques qui nécessitent une dépolymérisation préalable en éléments monomériques.

### 2.1 Les dosages colorimétriques :

Les dosages colorimétriques sont des méthodes d'analyses quantitatives simples et rapides à mettre en œuvre. Elles s'appliquent sur les résidus extraits et permettent de doser de manière générale les sucres totaux et de manière spécifique les acides uroniques.

Le principe des dosages colorimétriques concentre sur la condensation par estérification d'un chromogène avec les produits de déshydratation des pentoses, hexoses et acides uroniques. Le dosage des sucres totaux, utilise de préférence le phénol qui est plus sensible à la détermination quantitative des oses que des chromogènes (Dubois *et al.*, 1956).

En présence de tétraborate de sodium, le méthahydroxy diphenyle est utilisé comme chromophore sélectif lors du dosage des acides uroniques (Sebaoui, 2018).

**2.2 Dosage par chromatographie :**

La caractérisation de la composition monomérique des pectines a besoin d'une dépolymérisation préalable puis d'un dosage principalement effectué par séparation chromatographique (HPLC ou phase gazeuse).

La difficulté principale se trouve dans l'étape de dépolymérisation qui se déroule le plus souvent par voie acide, en raison de la résistance à l'hydrolyse des liaisons impliquant les acides uroniques ; leur diminution préalable a été proposée pour diminuer les obstacles du dosage.

De plus, la nature chimique complexe des substances pectiques rend également facile la séparation des différents constituants. C'est pour cela que les méthodes chromatographiques sont les plus utilisées, elles ne permettent pas la détermination simultanée des acides uroniques et des oses neutres.

La méthanolyse suivie d'un dosage en phase gazeuse ou en HPLC, constitue une alternative intéressante à l'hydrolyse acide et permet de doser simultanément les acides uroniques et les oses neutres (*Sebaoui, 2018*).

---

---

## *Chapitre III*

---

---

*Application industrielle, effets  
sur la santé et réglementation  
sur la pectine*

## **CHAPITRE III : Application industrielle, effets sur la santé et réglementation sur la pectine.**

### **1 Application industrielle de la pectine :**

Les substances pectiques ont fait l'objet de nombreuses recherches portant notamment sur leurs fonctions au sein de la paroi végétale, leur structure chimique et leur caractérisation en tant qu'additifs. Toutes ces recherches ont conduit au développement de nombreuses applications de la pectine dans divers domaines tels que : l'industrie cosmétique, alimentaire, plastique et pharmaceutique (*Sebaoui, 2018*).

#### **1.1 Leur rôle comme additif alimentaire :**

La tolérance générale de la pectine en tant que substance naturelle contenant des fibres alimentaires solubles convient à diverses applications.

La pectine est largement utilisée comme agent épaississant dans l'industrie alimentaire et émulsifiant dans les produits laitiers, comme gélifiant et stabilisant colloïdes dans les confitures et gelées.

D'un point de vue nutritionnel, la pectine est considérée comme une fibre alimentaire soluble à haute capacité de rétention d'eau (*Olano-Martin et al., 2002*).

#### **1.2 Utilisations pharmaceutiques :**

Jusqu'en 2002, la pectine était l'un des ingrédients principaux utilisés dans des pastilles pour le mal de gorge comme adoucissant. Dans les produits cosmétiques, elle agit en tant que stabilisateur, elle est employée dans les préparations curatives de blessures et surtout dans les adhésifs médicaux, tels que les dispositifs de colostomie (*Pranati et al., 2011*).

Comme prophylactique naturel, la pectine agit 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. Lorsqu'elle est injectée par voie

intraveineuse, elle réduit le temps de coagulation du sang prélevé. De ce fait, elle est utile dans le contrôle de l'hémorragie ou de saignement local. Les combinaisons de celle-ci avec d'autres colloïdes ont été largement utilisées pour traiter la diarrhée, particulièrement chez les enfants en bas âge (**Pranati et al., 2011**). Cependant elle a une action antimicrobienne in vitro à l'égard de quelques souches bactériennes (**Ziad et al., 2013**).

La pectine s'est révélée aussi d'une action prometteuse dans les colites ulcéreuses, la maladie de crohn et du cancer du colon (**Pranati et al., 2011**).

## **2 L'effet de la pectine sur la biodisponibilité des minéraux et vitamines :**

Les effets de l'ingestion de pectine peuvent donc être bénéfiques (métaux, radionucléides) mais également délétères (minéraux, vitamines) en fonction des éléments considérés. Suite à une administration orale de pectine on observe une diminution de l'absorption intestinale des acides aminés, des sucres (tel que le glucose) ainsi que des ions sodiques et chlorures.

La structure de la pectine administrée semble avoir une influence sur ces modifications d'absorption intestinale : ainsi, les pectines hautement méthoxylées présentent un effet inhibiteur sur l'absorption de glucose plus important que les pectines faiblement méthylées.

Il est maintenant bien connu que les effets bénéfiques des fibres alimentaires ne doivent pas masquer leurs effets indésirables sur la disponibilité biologique de certains nutriments, notamment des minéraux et des vitamines (**Boudraa, 2017**).

Les effets sur les minéraux dépendent du degré d'estérification et de la nature de la pectine administrée : ainsi, une pectine faiblement méthoxylée diminue l'absorption et la rétention des minéraux, conduisant alors à un déséquilibre des balances des éléments calcium, magnésium et zinc (**Genevois, 2016**).



### **3 Pectine et santé :**

La pectine utilisée en tant que fibre alimentaire exerce un effet physiologique sur l'intestin en réduisant le temps de transit et l'absorption du glucose (**Olano-Martin et al., 2002**).

En tant qu'additif alimentaire, les pectines peuvent conduire à des effets néfastes pour la santé.

On définit la dose journalière admissible, au-delà de laquelle cette dose peut engendrer :

- Des réactions d'allergie et d'intolérance avec la manifestation d'une intolérance beaucoup plus remarquée qu'une allergie.
- Des symptômes cliniques dont les plus courants se produisent au niveau des voies respiratoires (asthme et rhinite) et sur la peau (urticaire ou angiodème).
- Des symptômes migraine, irritation de l'appareil intestinal, troubles psychologiques et arthralgie (**Baïssisse, 2009**).

#### **3.1 Effet thérapeutiques des pectines :**

La pectine joue un rôle essentiel en nutrition humaine en fixant un nombre d'éléments présents de la lumière intestinale. Parmi les effets bénéfiques :

- La régulation du taux de cholestérol hépatique (**Sharma et al., 2006; Willats et al., 2006**).
- La fixation des substances toxiques comme les radio-nucléotides et les métaux lourds (**Jourdain et al., 2005**).
- L'effet ou activité anti-cancer de divers types, surtout ceux de la prostate, du colon et du sein (**Willats, 2006**).
- L'amélioration de la digestibilité des protéines.
- La pectine présente une activité anti-inflammatoire.

- Elle est considérée comme une fibre alimentaire, réglant ainsi le transit intestinal, absorbant les sels biliaires et présentant une action sur la satiété (**Herbsthler et Fox, 1998**).
- Les pectines sont considérées comme des ingrédients prébiotiques spécifiques, qui favorisent la croissance d'organismes bénéfiques dans le colon, tout en freinant le développement et l'activité des organismes pathogènes (**Manderson et al., 2005 ; Sharma et al., 2006**).

Selon **Manderson et al., (2005)**, la combinaison de la pectine avec un organisme probiotique permet :

- D'améliorer la santé intestinale ;
- De renforcer le système immunitaire ;
- D'accroître la résistance à la maladie.

#### **4 Réglementation et qualité hygiénique des pectines :**

L'utilisation des additifs est strictement réglementée. Les mécanismes réglementaires varient quelque peu d'une région à l'autre, mais ils ont tous l'objectif de garantir la sécurité des consommateurs en définissant le type d'additif pouvant être utilisé, en quelle quantité, dans quel type de denrée et en employant quels moyens technologiques.

Tout nouvel additif en alimentation humaine fait l'objet d'une procédure d'autorisation basée sur l'examen d'un dossier complet, ce dossier est constitué selon des critères généraux de la Commission Européenne et par des lignes directrices du Comité Scientifique de l'Alimentation Humaine (**Baïssisse, 2009**).

##### **4.1 Réglementation européenne :**

Toutes les pectines (amidées ou non, LM ou HM) sont référencées en Europe comme additifs alimentaires sous les numéros E440i et E440 respectivement (**Baïssisse, 2009**).

En vertu de la législation européenne, les additifs alimentaires doivent faire l'objet d'une procédure d'autorisation avant de pouvoir être utilisés dans les aliments.

### **Chapitre III : Application industrielle, effets sur la santé et réglementation sur la pectine.**

---

La procédure d'autorisation débute par la soumission d'une demande officielle à la Commission européenne, constituée d'un dossier contenant des données scientifiques sur les utilisations et les niveaux d'utilisation proposés de la substance. La Commission européenne communique ensuite le dossier à l'EFSA (European Food Safety Authority) qui doit évaluer l'innocuité de la substance pour les utilisations prévues. La Commission européenne décide alors d'autoriser ou non la substance, sur la base de l'évaluation réalisée par l'EFSA. L'autorisation de nouvelles utilisations proposées pour des additifs alimentaires existants suit la même procédure.

Une fois autorisées, ces substances sont incluses dans la liste européenne des additifs alimentaires autorisés, figurant dans le règlement CE 1333/2008, qui précise également leurs conditions d'utilisation. Les additifs alimentaires autorisés doivent également être conformes à des critères de pureté approuvés établis dans le règlement UE 231/2012.

En décembre 2008, la législation en vigueur a été consolidée au sein de quatre règlements simplifiés couvrant toutes les substances connues comme « améliorants alimentaires » (c.à.d. les additifs alimentaires, les enzymes alimentaires et les arômes). Le règlement CE 1331/2008 introduit une procédure d'autorisation commune pour ces substances. Le règlement CE 1333/2008 sur les additifs alimentaires établit une liste UE des additifs alimentaires autorisés, publiée dans son intégralité dans le règlement UE 1129/2011 (**Anonyme 06**).

#### **4.2 Réglementation en Algérie :**

En industrie alimentaire, les pectines commerciales sont des additifs alimentaires, dont le code est : SIN 440 ; ces derniers est définie par le **Décret exécutif n° 12-214 du 15 Mai 2012**, comme suit ;

- ✓ **L'Additif alimentaire** est toute substance :
  - qui n'est normalement ni consommée en tant que denrée alimentaire en soi, ni utilisée comme ingrédient caractéristique d'une denrée alimentaire ;
  - qui présente ou non une valeur nutritive ;
  - dont l'adjonction intentionnelle à une denrée alimentaire dans un but technologique ou organoleptique à une étape quelconque de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement, du conditionnement, de

**Chapitre III : Application industrielle, effets sur la santé et réglementation sur la pectine.**

l'emballage, du transport ou de l'entreposage de cette denrée affecte ses caractéristiques et devient elle-même ou ces dérivés, directement ou indirectement, un composant de cette denrée alimentaire.

Les caractéristiques générales des pectines déterminées par ces organismes sont illustrées dans le **Tableau IV**.

**Tableau IV** : Réglementation sur les pectines (*Herbstreith et Fox, 2006*).

	EU E440 (I)PECTINES	EUE440 (II)PECTINES AMIDES	FAO/WHO PECTINES JECFA	FDA/FCC PECTINES	USP PECTINES
1-Pertes par déshydratation	Max 12 %	Max 12 %	Max 12 %	Max 12 %	Max 10 %
2-Cendres insolubles dans l'HCL3N	Max 1 %	Max 1 %	Max 1 %	Max 1 %	-
3 -Insolubles Totaux	-	-	Max 3 %	Max 3 %	-
4-Methyl sulfate de sodium	-	-	-	Max 0,1 %	-
5-Teneur en méthanol, éthanol, ou Isopropanol	Max 1%	Max 1%	Max 1 %	Max 1 %	-
6-residus d'anhydrides Sulfureux	Max 50 ppm	Max 50 ppm	Max 50 ppm	Max 50 ppm	-
7-Teneur en azote (pectines amides)	-	2,5	2,5	-	-
8-Teneur en Acidesgalacturonique	Min 65 %	Min 65 %	Min 65 %	-	Min 74 %

**Chapitre III : Application industrielle, effets sur la santé et réglementation sur la pectine.**

9-Teneur en Methanol	-	-	-	-	Min 6,7
10-Degre d'amidation	-	Max 25 %	Max 25 %	Max 25 %	-
11-Sucres et acides organiques	-	-	-	-	Max 160 mg/g
12-Arsenic	Max 3 ppm	Max 3 ppm	-	-	Max 3 ppm
13-Plomb	Max 5 ppm	Max 5 ppm	Max 5 ppm	Max 5 ppm	Max 5 ppm
14-Cadmium	Max 1 ppm	Max 1 ppm	-	-	-
15-Mercure	Max 1 ppm	Max 1 ppm	-	-	-
16-Métaux lourds exprimés en Pb	Max 20 ppm	Max 20 ppm	-	-	-
17-Pesticides	En accord avec la réglementation de aliments	En accord avec la réglementation de aliments	En accord avec la réglementation de aliments	En accord avec la réglementation de aliments	En accord avec la réglementation de aliments
18-Germes pathogènes	En accord avec la réglementation des aliments	En accord avec la réglementation de aliments			Absence des Salmonella
19-Impuretés organiques volatiles	En accord avec la réglementation des Aliments	En accord avec la réglementation de aliments			Limites définies

---

---

# *Conclusion*

---

---

## **Conclusion :**

Les pectines sont des polysaccharides multifonctionnels largement utilisés dans l'industrie alimentaire comme émulsifiant, gélifiant, stabilisant et/ou épaississant. De plus, en raison de leur structure chimique diversifiée, ils peuvent interagir avec des types de molécules tout aussi variés avec des utilisations prometteuses dans l'industrie pharmaceutique, les soins et le traitement, la matrice d'administration de médicaments.

Les pectines peuvent être extraites de presque toutes les sources de plantes dicotylédones, ainsi que de la transformation de déchets agro-industriels, tels que les écorces et les marcs de fruits.

Les propriétés structurales de la pectine telles que le degré d'estérification, le poids moléculaire, la concentration en pectine, la concentration en ions et des facteurs extrinsèques tels que le pH, la force ionique et la température affectent directement le processus de gélification (**Anonyme 07**).

Plusieurs modes d'extraction des pectines sont envisageables. Il peut s'agir des méthodes chimiques, physiques ou enzymatiques.

Les rendements d'extraction varient en fonction des conditions opératoires et de l'espèce végétale utilisée (**Fishman et al., 2000**).

L'étude continue sur de nouvelles applications de la pectine au-delà des utilisations traditionnelles dans l'alimentation, alors que les industries pharmaceutiques adoptent de plus en plus des matériaux renouvelables et biocompatibles (**Anonyme 07**).

Dans le cadre d'un travail de recherche, cette recherche bibliographique constitue un premier travail sur les pectines à savoir ses propriétés, structures, méthodes d'extraction pour amorcer en perspectives, une optimisation d'extraction des pectines en fonction de différents paramètres tels que le pH, T°, temps à partir de différents déchets industriels soit réalisée afin de valoriser ses derniers.

---

---

*Références  
bibliographique*

---

---



## Références bibliographiques :

### « A »

Albersheim P, Darvill A, O'Neill M, Schols H, Voragen A (1996), Pectin and Pectinases, In: Visser J., Voragen A.G.J., editors. *Progress in Biotechnology* 1st ed. Elsevier Science; Amsterdam, The Netherlands: pp. 1–987.

Alphons GJ Voragen, G.J. Coenen, R.P. Verhoef, H.A. Schols, Pectin (2009), a versatile polysaccharide present in plant cell walls. *Structural Chemistry* volume 20, 263–275.

Anonyme 01 : [https://biochim-agro.univ-lille.fr/polysaccharides/co/Contenu\\_1\\_1\\_4.html](https://biochim-agro.univ-lille.fr/polysaccharides/co/Contenu_1_1_4.html), Consulté le 05 juillet 2021.

Anonyme 02 : [https://biochim-agro.univlille.fr/polysaccharides/co/Contenu\\_2\\_1.html](https://biochim-agro.univlille.fr/polysaccharides/co/Contenu_2_1.html), Consulté le 20 juin 2021.

Anonyme 03 : <https://www.extrusion-reactive.com/cuisson-extrusion.html>, Consulté le 25 juin 2021.

Anonyme 04 : <https://www.hielscher.com/fr/ultrasonic-extraction-and-its-working-principle.htm>, Consulté le 30 juin 2021.

Anonyme 05 : <https://dico-du-vin.com/flash-detente-pour-extraire-un-potentiel-polyphenolique-maximum/>, Consulté le 01 juillet 2021.

Anonyme 06: <https://www.efsa.europa.eu/fr/topics/topic/food-additives>, Consulté le 01 juillet 2021.

Anonyme 07: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6017442/#idm140602095479520title>, Consulté le 01 juillet 2021.

### « B »

Bacic A (2006), Breaking an impasse in pectin biosynthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(15):5639-5647.

Baïssisse S (2009), Extraction et appréciation des pectines à partir d'écorces d'orange, de pulpes d'abricots et pommes. Mémoire Pour l'obtention du diplôme de magistère en sciences agronomiques, Université : El Hadj Lakhdar, Batna ; Option: Technologie alimentaire, Intitulé : Qualité et sécurité alimentaire, p10-43.

Benamara S, Agougou A (2003), Jus alimentaires, technologie agro-alimentaire. Office des Publications Universitaires (OPU). Alger, 170p

Boudraa I (2017), Etude comparative entre deux méthodes d'extraction de la pectine de l'écorce de deux variétés d'orange (Thomson et Sanguine). Mémoire de fin de cycle

**En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Biologie, Université : Mohamed Seddik Benyahia-Jijel; Option: Contrôle de qualité des produits alimentaires, p26-31.**

**B.R. Thakur, R.K. Singh, A.K. Handa (1997), Chemistry and uses of pectin. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 37 47–73.**

**« C »**

**Chan S-Y, Choo W.S, Young D-J, et al. (2017), Pectin as a Rheology Modifier: Origin, Structure, Commercial Production and Rheology. Carbohydrate Polymers 161: 118-139.**

**Cheftel J.Cl, Cheftel H (1978), Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Vol. 1. Tech & Doc (Edt). Paris, 381p**

**Comité mixte FAO/OMS (1986).**

**Cosgrove D.J (1997), Assembly and enlargement of the primary cell wall in plants. Annu.Rev.Cell Dev. Biol., 13:171-201.**

**Courtois J (2009), Oligosaccharides from l and plants and algae : production and applications in therapeutics and biotechnology. Curr. Opin. Microbiol. 12, 261 – 273.**

**« D »**

**Décret exécutif n° 12-214 du (15 Mai 2012), fixant les conditions et les modalités d'utilisation des additifs alimentaires dans les denrées alimentaires destinées à la consommation humaine.**

**DeOliveira C.F, Giordani D, Lutckemier R, Gurak P.D, Olivera F.C, Ferreira Marcza L.D (2016), Extraction of pectin from passion fruit peel assisted by ultrasound. 71, 110 - 115.**

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

**Dubois M, Gilles K.A, Hamilton J.K, Rebers P.A, Smith F (1956), Colorimetric method for determination of sugars and related substances, Analytical Chemistry. 28, 350 – 356**

**« F »**

**Fishman M.L, Chau H.K, Hoagland P, Ayyad K (2000), Characterisation of pectin, flash extracted from orange albedo by microwave heating under pressure. Carbohydrate Research, 323, 126-138.**

**« G »**

**Genevois N (2016), Biosorption de l'arsenic et du césium par des écorces forestières activées: Etude de l'optimisation des propriétés de biosorption par modification chimique (Doctoral dissertation, Limoges).36p**

Goycoolea F.M, Cárdenas A (2003), Pectins from *Opuntia* spp: A ShortReview,J.PACD,17-29.

Guillot S (2005), Studies on the intra –and intermolecular distribution of substituents in commercial pectins. PhD. thesis Wageningen University, ISBN 90-8504-265-8.

« H »

Harholt J, Jensen J.K, Sørensen S.O, Orfila C, Pauly M, Scheller H.V (2006), Arabinan deficient 1 is a putative arabinosyl transferase involved in biosynthesis of pectic arabinan in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.*, 140: 49-58.

Harholt J, Suttangkakul A, Scheller H.V (2010), Biosynthesis of Pectin. *Plant Physiol.* 153:384–395

« I »

Inoue T, Tsubaki S, Ogawa K, Onishi K, Azuma J.I (2010), Isolation of hesperidin from peels of thinned *Citrus unshiu* fruits by microwave-assisted extraction. *Food Chemistry*, 123(2), 542-547.

« J »

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.

Jourdain J.R, Dublineau I, Phan G (2005), Evaluation de l'emploi de la pectine chez les enfants vivant sur les territoires contaminés par le césium. Rapport de Direction de la Radioprotection de l'Homme. Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN).36p

« K »

Kar F, Arslan N (1999), Effect of temperature and concentration on viscosity of orange peel pectin solutions and intrinsic viscosity-molecular weight relationship. *Carbohydrate polymers*, 40, 277-284.

Kratchanova M, Pavlova E, Panchev I, (2004), The effect of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue and quality of extracted pectin. *Carbohydrate Polymers*, 56 (2): 181–185.

« L »

Leroux J, Langendorff V, Schick G, Vaishnav V, Mazoyer J (2003), Emulsion stabilizing properties of pectin. *Food Hydrocolloids*, 17(4), 455-462

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* Schein var 'Reyna'): Chemical and rheological properties. *Food hydrocolloids*, 37: 93-99.

Liu L.S, Fishman M.L, Kost J, Hicks K.B (2003), Pectin-based systems for colon specific ;drug delivery via oral route. *Biomaterials* . 24, 3333 -

Liu Y, Shi J, Langrish T.A.G (2006), Water-based extraction of pectin from flavedo and albedo of orange peels. *Chemical Engineering*. 120, 203 – 20.

Lopes da Silva J.A, Rao M.A (2006), *Pectins : Structure, Functionality, and Uses. In Food Polysaccharides and Their Applications, Second Edition. Edition : Stephen, CRC Press Taylor & Francis Group. Chapter 11 : pp 353-412.*

#### « M »

Maran J.P, Sivakumar V, Thirugnan asambandham K, Sridhar R (2013), Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. *Carbohydrate polymers*, 97(2), 703-709.

Maran P.J, Sivakumar V, Thirugnan asambandham K, Sridhar R (2014), Microwave assisted extraction of pectin from waste *Citrulluslanatus* fruit rinds. *Carbohydrate Polymers*. 101, 786 - 791.

Maxwell E.G, Belshaw N.J, Waldron K.W, Morris V.J (2012), Pectin—An Emerging New Bioactive Food Polysaccharide. *Trends Food Sci. Technol.* 24:64–73.

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

Mellerowicz E.J, Sundberg B (2008), *Wood Cell Walls: Biosynthesis, Developmental Dynamics and their Implications for Wood Properties. Curr. Opin. Plant Biol.* 11:293–300.

Mesbahi G, Jamalian J, Farahnaky A (2005), A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. *Food Hydrocolloids*, 19, 731-738.

Mizi T, Mesrane k (2001), Essai de préparation d'une gelée à partir de la pectine et de produits d'orange, Mémoire Pour l'obtention du diplôme de magistère appliqué (D.E.U.A), Université : Abderrahmane Mira Bejaïa; Option: contrôle de qualité et analyse des aliment, p43.

Mohnen D (2002), Biosynthesis of pectins. *Pectins and their manipulation. Edited by Seymour G.B., Knox J.P. oxford, Blackwell Publishing and CRC Press, pp52-98.*

Mohnen D (2008), Pectin structure and biosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology*, 11:266 - 277.

Morris G.A, Foster T.J, Harding S.E (2002), A hydrodynamic study of the depolymerisation of high methoxy pectin at elevated temperatures. *Carbohy.Polym.* 48: 361- 367.

**Mukhiddinov Z.K, Khalikov D.K, Abdusamiev F.T, Avloev C.C (2000), Isolation and Structural Characterization of a Pectin Homo and Rhamnolacturonan. Talanta. 53:171–176.**

**Munarin, F., Guerreiro, S.G., Grellier, M.A., Tanzi, M.C., Barbosa, M.A., Petrini, P., Granja, P.L. (2011). Pectin - Based Injectable Biomaterials for Bone Tissue Engineering. Biomacromolecules. 12, 568 - 577.**

**« O »**

**Oakenfull D, Scott A (1984), Hydrophobic Interaction in the Gelation of High Methoxyl Pectins. Food Sci. 49 1093–1098.**

**Olano-Martin E, Gibson G.R, Rastall R.A (2002), Comparison of the in vitro bifidogenic properties of pectins and pectic-oligosaccharides. Journal of Applied Microbiology, 93: 505–511.**

**Osterveld A, Beldman G, Schols A, Voragen A.G.J (1996), Arabinose and ferulic acid rich pectic polysaccharides extracted from sugar beet pulp. Carbohydrate Research, 288, 143-153.**

**« P »**

**Pang S.F, Yusoff M.M, Gimbin J (2014), Assessment of phenolic compounds stability and retention during spray drying of Orthosiphon stamineus extracts. Food Hydrocolloids. 37, 159 – 165.**

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

**« R »**

**Ralet M.C, Bonin E, Thibault J.F (2002), Pectins, In : Biopolymers Polysaccharides II, Steinbüchel A. (Ed.), Wiley-VCH VerlagGmbH, Weinheim. 8 (12), 345 - 380.**

**Ranveer S.J, Shivalika S, Reena G (2005), Microbial pectinolytic enzymes: A review. Process Biochemistry, 40 (9) : 2931–2944**

**Redgwell R.J, Melton L.D, Brasch D.J (1992), Cellwall dissolution in ripening kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). Solubilization of pecticopolymers, Plant Physiol. 98, 71 - 81.**

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

**Renard C.M.G.C, Crépeau M.J, Thibault J.F (1995), Structure of the Repeating Units in the Rhamnolacturonic Backbone of Apple, Beet and Citrus Pectins. Carbohydr. Res. 275:155–165.**

**Rezzoug S.A., Boutekdjiret C, Allaf K (2005), Optimization of operating conditions of rosemary essential oil extraction by a fast controlled pressure drop process using response surface methodology. Journal of Food Engineering, 71, 9-17.**

Ridley B.L, O'Neill M.A, Mohnen D (2002), Pectins: structure, biosynthesis & oligalacturonides – related signalling. *Phytochemistry*, 57: 929 – 967.

« S »

Sakai T, Sakamoto T, Hallaert J, Vandamme E.J (1993), Pectin, pectinase and protopectinase: production, properties and applications. *Adv. Appl. Microbiol.* 39, 213 – 294.

Schieber A, Hilt P, Steker P, EndreB H.U, Rentschler C (2003), A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compound from apple pomace. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4, 99- 107.

Sebaoui O (2018), Modélisation et optimisation de l'extraction de la pectine à partir du zeste de citron et de son utilisation dans l'encapsulation des composés phénoliques des margines de l'industrie oléicole. **THESE DE DOCTORAT LMD en Chimie. Université : Mouloud Mammeri TIZI OUZOU, Option : Chimie des Matériaux et de l'Environnement, faculté des sciences, p 14-19.**

Seggiani M, Puccini M, Pierini M, Giovando S, Forneris C (2009), Effect of different extraction and precipitation methods on yield and quality of pectin. *International journal of food science & technology*, 44(3), 574-580.

Sharma B.R, Naresh L, Dhuldhoya N.C, Merchant S.U, Merchant U.C (2006), An overview on pectins. *Times Food Processing Journal, India*, pp 44-51.

Sjoberg A.M (1987), The effects of  $\gamma$  irradiation on the structure of apple pectin. *Food Hydrocolloids.* 4, 271 – 276.

Singthong J, Ningsanond S, Cui S.W, Goff D.H, (2005), Extraction and physicochemical characterization of Krueo Ma Noypectin. *Food Hydrocolloids*, 19 (5) : 793-801.

Sriamornsak P (2003), Chemistry of Pectin and Its Pharmaceutical Uses, A Review, *Silpakorn University International Journal*, 3, pp. 206-228.

Sumathraa M, Govindaraja D, Jeyarajb M, Al Arfajc A, Munusamyc M.A.\$, Selvaraj Suresh K.S, Rajana M (2017), Sustainable pectin fascinating hydroxyapatite nanocompositescaffolds to enhance tissue regeneration *Sustainable Chemistry and Pharmacy* 5, 46 - 53.

« T »

Thakur B.R, Singh R.K, Handa A.K (1997), Chemistry and uses of pectin: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 37(1), 47-73.

**Thibault J.F, Renard C.MG.C, Axelos M.A.V, Bonnin E (2000), Les pectines. INRA, Centre de Recherché Agro-alimentaire, B.P., 71627,44316 Nante Cedex 03.**

**Turakhozhaev M.T, Khodzhaev M.A (1993), Plant pectin substances methods of isolatingpectin substances Chemistry of Natural Compounds. 29, 558 – 565.**

**« V »**

**Van Buren J.P (1991), Function of Pectin in Plant Tissue Structure and Firmness. In: Walter R.H., editor. The Chemistry and Technology of Pectin. Academic Press, Inc.; San Diego, CA, USA.**

**Vincken J.P, Schols H.A, Oomen R.J.F.J, Mc Cann M, Uluskov P, Voragen A.G.J, Visser R.G.F (2003) If homogalaturonan were a side chain of rhamnogalacturonan I .implications for cell wall architecture. Plant Physiol., 132 (4): 1781-1789.**

**« W »**

**Wang S, Chen F, Wu J, Wang Z, Liao X, Hu X (2007), Optimization of pectin extraction assisted by microwave from apple pomaceusing response surface methodology, Journal of Food Engineering. 78, 693 – 700.**

**Wang W, Ma X, Xu Y, Cao Y, Jiang Z, Ding T, Ye X, Liu D (2015), Ultrasound assisted heating extraction of pectin from grapefruit peel: Optimization and comparison with the conventional method Food Chemistry.178, 106 – 114.**

**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.**

**Willats W.G.T, Knox J.P, Mikkelsen J.D (2006), Pectin: new insights into and old polymer are starting to gel. Trends in Food Science and Technology, 17: 97-104.**

**« Y »**

**Yapo B.M (2007), Etude de la variabilité structurale des pectines. Thèse de doctorat .France.**

**Yapo B.M, Lerouge P, Thibault J.F, Ralet M.C (2007), Pectins from Citrus Peel Cell Walls Contain Homogalacturonans Homogenous with Respect to Molar Mass, Rhamnogalacturonan I and Rhamnogalacturonan II. Carbohydr. Polym. ;69:426–435.**

**Yapo B.M, Robert C, Etienne I, Wathelet B, Paquot M (2007), Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. Food Chemistry, 100, 1356-1364.**

**Yapo B.M, Wathelet B, Paquot M (2007), Comparison of alcohol precipitation and membrane filtration effects on sugar beet pulp pectin chemical features and surface properties. Food Hydrocolloids, 21: 245-255.**

**Yeoh S, Shi J, Langrish T.A.G (2008), Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. *Desalination*. 218, 229 – 237.**

**« Z »**

**Zandleven J, Beldman G, Bosveld M, Schols H.A, Voragen A.G.J (2006), Enzymatic Degradation Studies of Xylogalacturonans from Apple and Potato, using Xylogalacturonan Hydrolase. *Carbohydr. Polym.* ; 65:495–503.**

**Zhongdong L, Guohua W, Yunchang G, Kennedy J.F (2005), Image study of pectin extraction from orange skin assisted by microwave. *Carbohydrate Polymers*, 64 (4) : 548- 552.**

**Ziad D, Mihir S, Roula M.A.M (2013), Pectin shows antibacterial activity against *Helicobacter pylori*. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 4(2), pp. 273-277.**



---

---

# *Résumé*

---

---

## **Résumé :**

Les pectines sont des hétéropolysaccharides naturels de la paroi cellulaire des végétaux composés principalement d'unités d'acide D-galacturonique, qui peuvent être ou non méthylés, possèdent des ramifications de sucres neutres qui abritent des fragments fonctionnels. Les caractéristiques physico-chimiques telles que le pH, la température, la concentration en ions et la présence de cosolutés affectent directement le rendement d'extraction et la capacité de gélification des pectines. Les pectines sont utilisées dans différents domaines comme émulsifiant, gélifiant, stabilisant et/ou épaississant, elles sont obtenues par plusieurs méthodes d'extraction à savoir l'extraction physique, chimique et enzymatique. Considérées comme une fibre alimentaire probiotique, les pectines répondent facilement à de nombreuses réglementations concernant les applications de santé au sein de l'industrie pharmaceutique en tant que matière première et en tant qu'agent de prévention du cancer.

**Mots clés :** *pectine, caractéristiques physico-chimiques, extraction, fibre alimentaire.*

## **Abstract:**

Pectin is a natural heteropolysaccharide in the cell wall of plants, it is composed mainly of D-galacturonic acid units, which may or may not be methylated, pectin has branches of neutral sugars which harbor functional fragments. Physicochemical characteristics such as pH, temperature, ion concentration and the presence of co-solutes directly affect the extraction yield and the gelation capacity of pectins. Pectins are used in various fields as an emulsifier, gelling agent, stabilizer and / or thickener; they are obtained by several extraction methods, namely physical, chemical and enzymatic extraction. Considered as a probiotic dietary fiber, pectins easily meet numerous regulations concerning their applications within the pharmaceutical industry as a raw material and as a cancer prevention agent.

**Key words:** *pectin, physico-chemical characteristics, extraction, dietary fiber.*