

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE SAAD DAHLAB - BLIDA 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de sciences alimentaires

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master dans le domaine SNV  
Filière Sciences Alimentaires

**Option : nutrition et diététique humaine**

**Thème**

**Essais d'extraction de la pectine à partir de l'écorce de citron et additionner sur le yaourt**

Présenté par :

**\_Kerrou Farah**

**\_Saib Houda**

Devant le jury:

**Date de soutenance : 19 juin 2022**

**Dr. DEFFAIRI. D    MCB            Présidente            Université de Blida1**

**Dr. ZEGANE.O    MAA            Examinatrice            Université de Blida1**

**Dr.METIDJI.H    MCB            Promotrice            Université de Blida1**

**Promotion : 2021-2022**



## REMERCIEMENT

*Au terme de ce travail, on remercie en premier lieu ALLAH qui nous a donné le courage, la santé, la volonté, la patience, et les moyennes à fin qui je puisse accomplir ce modeste travail.*

*Je teins la remercies madame METIDJI HAFIDHA pour m'avoir proposé ce sujet et ces conseils et son suivi durant la période de réalisation de ce travail avec toute la patience.*

*A madame DEFFAIRI Djamila, maitre de conférences B à l'université de Blida 1, pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant de présider le jury. Je tiens également à présenter mes plus vifs remerciements à Madame ZEGANE maitre assistante A à l'université de Blida, pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant d'examiner ce travail.*

*On remercie infiniment à l'ensemble du personnel de laboratoire physicochimique et microbiologique de laiterie de BIRKHADEM qui nous a donnés l'occasion de faire notre stage pratique au niveau de leur unité. A tes personnes qui ont aidées de près ou de loin pour finir ce travail.*



# *Dédicace*

**À ma très chère Mère**

*Aucun mot en n'est assez pour te remercier de toi parce que tout ce que j'ai n'aurait pas été possible sans toi et tout ce que j'ai réalisé c'est pour toi, merci Mama de m'aider, de m'encourager et de me pousser vers le succès que j'ai atteint.*

**À mon très cher Père**

*Jusqu'à ce moment il est impossible de mesurer l'infini il m'est impossible de vous remercier pour tout ce que vous avez fait pour moi. Merci papa.*

**À ma cousine Loubna.**

**et ma Tante Djamila**

**À mes meilleurs amis : Marwa, Djohar, Moufida, Kawthar  
.chahinaz.**

**À ma camarade et ma sœur Saib Houda .**

**« Fara »**





# *Dédicace*

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut....

Tous les mots ne seraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance.....  
C'est tout simplement pour qui Je dédié ce travail...?

## **À ma mère**

Qu'elle trouve ici l'hommage de ma gratitude qui, si grande qu'elle puisse être, ne sera à la hauteur de ses sacrifices et ses prières pour moi.

## **À mon père**

mon premier encadrant, supporteur depuis ma naissance. Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté. A qui je dois tout.

## **À mes frères **Abed** et **Mohamed Djassem** et ma soeur **Marwa****

pour leurs soutiens et vœux de réussite.

## **À ma chère amis et sœur **BACHIRA BENALI****

pour m'avoir orienté et encouragé dans ma vie professionnelle et professionnelle.

## **À me oncle **ABDELKADER** et ma tante **RATIBA.****

## **À ma grand-mère **AMINA** et ma Sœur **SARAH****

pour m'avoir encouragé dans mes temps difficiles.

À **ma collègue et ma sœur **FARAHKERROUR**** qui aidé à avoir complété ce travail.

« **Houda** »



## Résumé

L'étude expérimentale a porté sur l'extraction de la pectine issue d'écorces de citron sur la qualité de ses propriétés physico-chimique, microbiologique et sensorielle à été mis en œuvre pour étudier l'effet d'incorporation de la pectine naturel dans la matrice de lait fermenté type yaourt étuvé à différentes doses (0,0.1,0.3,0.4)% de pectine , en vue d'étudier la stabilité du produit au cours des période de fermentation et de post-acidification sur une duré de 21 jours sous froids positifs à 6°C. La pectine à été extraite dans une solution d'HCL chaude avec un rendement de 15,52%. Alors que les analyses physico-chimique obtenues montrent le taux d'humidité et de cendre sont 29,07% et 1,66% respectivement . Le poids équivalent est de 877,19. En plus, la teneur en methoxylé de l'acide galacturonique est 0,59%0 et 4.17 %.On peut classe notre pectine comme une pectine à haute degré de méthylation. Ensuite le yaourt ont été préparé en faisant varier la concentration de l'additif incorporé. Les mesures et contrôle effectuées périodiquement sur les essais expérimentaux ont porté sur l'acidité, le pH, l'extrait totale, le dénombrement de streptococcus et staphylococcus aureus, salmonella, le goût, l'arrière-goût, l'odeur et la texture, il ressort des résultats obtenus, Le yaourt que nous avons obtenu a des bonnes propriétés physico-chimique (l'acidité,le ph,et l'extrait sec totale) et avec moins de contamination.

Ainsi que, la qualité organoleptique a été nettement améliorée avec l'augmentation du taux d'incorporation de la pectine.

\_les mots-clés: pectine, citron, yaourt, analyses physico-chimique, microbiologique, organoleptique.

## Abstract

The experimental study focused on the extraction of pectin from lemon peels on the quality of its physico-chemical, microbiological and sensory properties was implemented to study the effect of incorporating natural pectin in the matrix of fermented milk type yoghurt steamer at different doses (0.0. 1,0.3,0.4)% pectin, in order to study the stability of the product during the fermentation and post-acidification periods over a period of 21 days under positive cold conditions at 6°C.

The pectin was extracted in hot HCL solution with a yield of 15.52%. While the physico-chemical analysis obtained shows the moisture and ash content to be 29.07% and 1.66% respectively. The equivalent weight is 877.19. In addition, the methoxylated content of galacturonic acid is 0.59%0 and 4.17%.Our pectin can be classified as a high methylation pectin. The yoghurt was then prepared by varying the concentration of the incorporated additive. The measurements and controls carried out periodically on the experimental tests were related to acidity, pH, total extract, count of streptococcus and staphylococcus aureus, salmonella, taste, aftertaste, odour and texture, and it emerges from the results obtained that the yoghurt we obtained has good physicochemical properties (acidity, ph, and total dry extract) and with less contamination.

The organoleptic quality was significantly improved by increasing the pectin incorporation rate.

Key words: pectin, lemon, yoghurt, physicochemical, microbiological, organoleptic analysis.

ملخص ركزت الدراسة التجريبية على استخلاص البكتين من قشور الليمون على جودة خواصه الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والحسية لدراسة تأثير دمج البكتين الطبيعي في مصفوفة اللبن الزبادي بالبخار بجرعات مختلفة (0.0، 1.0، 3.0، 4.0٪ بكتين ، من أجل دراسة ثبات المنتج أثناء فترة التخمر وما بعد التخمير على HCL مدى 21 يومًا في ظل ظروف باردة إيجابية عند 6 درجات مئوية. تم استخلاص البكتين في محلول ساخن بعائد 52.15٪. بينما أظهر التحليل الفيزيائي الكيميائي أن محتوى الرطوبة والرماد بلغ 07.29٪ و 66.1٪ على التوالي. الوزن المعادل هو 19.877. بالإضافة إلى ذلك ، فإن المحتوى الميثوكسيل لحمض الجالاكتورونيك هو 59.0٪ و 17.4٪ ، ويمكن تصنيف البكتين لدينا على أنه بكتين عالي الميثيل. ثم تم تحضير الزبادي عن طريق تغيير تركيز المادة المضافة المدمجة. كانت القياسات والضوابط التي تم إجراؤها على الاختبارات التجريبية بشكل دوري تتعلق بالحموضة ، ودرجة الحموضة ، والمستخلص الكلي ، وعدد المكورات العنقودية والمكورات العنقودية الذهبية ، والسالمونيلا ، والطعم ، والمذاق ، والرائحة ، والملس ، ويتضح من النتائج التي حصلنا عليها أن اللبن الزبادي حصلنا عليه له خصائص فيزيائية كيميائية جيدة (الحموضة ، ودرجة الحموضة ، ومستخلص جاف كامل) مع تلوث أقل. تم تحسين الجودة الحسية بشكل ملحوظ عن طريق زيادة معدل دمج البكتين. الكلمات المفتاحية: البكتين ، الليمون ، الزبادي ، التحليل الكيميائي الفيزيائي ، الميكروبيولوجي ، التحليل الحسي.



## Sommaire

Introduction .....	1
<b>Partie bibliographique</b>	
<b>Chapitre 01 : Généralités sur la pectine</b>	
I. Définition de pectine.....	3
II. Structure de pectine.....	3
III. Principaux sources de la pectine.....	8
IV. Propriétés physicochimiques de la pectine .....	8
V. Biosynthèse de la pectine .....	10
VI. Dégradation de pectine.....	10
VII. Application de la pectine.....	11
<b>Chapitre 02 : Généralités sur le citron</b>	
I. Définition de citron .....	12
II. Classification de citron .....	12
III. Structure de citron .....	13
IV. Variétés de citron .....	13
V. Utilisation et effets thérapeutiques de citron .....	14
<b>Chapitre 03: Fabrication de yaourt</b>	
I. . Historique de yaourt .....	15
II. Définition de yaourt .....	15
III. Matières premières .....	16
IV. Étapes de fabrication de yaourt .....	17
Technologie de fabrication de yaourt .....	18
VI. Effets de yaourt sur la santé.....	19
<b>Partie pratique : Matériel et méthodes</b>	



Présentation de la laiterie COLAITAL de Bir khadem .....	21
I. Matériel .....	22 II.
Méthodes .....	22
II.1. Préparation de la poudre de citron .....	22
II.2. Taux d'humidité .....	23
II.3. Extraction de pectine .....	24
II.4. Rendement .....	25
II.5. Application de pectine sur le yaourt .....	28
II.6. Analyses physico-chimiques de la pectine .....	29
 <b>Résultats et discussion :</b>	
I. Poudre de citron .....	33
I. 1.Taux d'humidité.....	33
II. Extraction de pectine .....	33 II.1
Rendement.....	34
II.2. Analyses physicochimique de la pectine.....	35
II.3. Analyses physicochimique de yaourt additionné de pectine .....	37
II.4. Analyses microbiologiques de yaourt additionné de la pectine.....	40
II.5. Analyses organolptiques de yaourt additionné de pectine .....	41
 <b>Conclusion.....</b>	<b>46</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	



## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1.</b> Les différents niveaux sources de pectines végétales .....	8
<b>Tableau 2:</b> composition chimique moyenne du lait est rapportée . .....	16
<b>Tableau 3:</b> la quantité de la pectine ajoutée .....	28
<b>Tableau 4 :</b> caractéristiques de la pectine de l'écorce de citron.....	35
<b>Tableau 5 :</b> Evolution des pH des yaourt additionnés de pectine avec quatre concentrations.....	38
<b>Tableau 6 :</b> Évolution de l'acidité des yaourt additionné de pectine avec quatre concentrations..	38
<b>Tableau 7 :</b> Evolution des taux d'humidité des yaourt additionnées de pectine avec quatre concentration .....	39
<b>Tableau 8:</b> Analyses microbiologique des yaourt additionnés de pectine avec quatre concentration .....	40
<b>Tableau 10 :</b> Résultats de dégustation pour la 1 <sup>er</sup> personne.....	annexe
<b>Tableau 11 :</b> Résultats de dégustation pour la 2 <sup>eme</sup> personne .....	annexe
<b>Tableau 12 :</b> Résultats de dégustation pour la 3 <sup>eme</sup> personne.....	annexe
<b>Tableau 13 :</b> Résultats de dégustation pour la 4 <sup>eme</sup> personne .....	annexe
<b>Tableau 14:</b> Résultats de dégustation pour la 5 <sup>eme</sup> personne .....	annexe

## *Liste des figures*

<b>Figure 1.</b> Structure de pectine .....	3
<b>Figure 2.</b> Représentation schématique de la structure chimique de quatre polysaccharides pectiques : homogalacturonan (HG), xylogalacturonan HG substitué (XGA) et rhamnogalacturonan I et II (RG-I et RG-II) .....	3
<b>Figure 3.</b> Structure primaire d'un l'homogalacturonane (HG) .....	5
<b>Figure 4.</b> Structure du xylogalacturonane .....	5
<b>Figure 5.</b> Structure de l'apiogalacturonane .....	6
<b>Figure 6.</b> Schéma de principe du RG-I.....	6
<b>Figure 7.</b> Schéma de principe du RG-II montrant les principaux types de chaîne latérale.....	7
<b>Figure 8.</b> Fruit de citron et ces feuilles .....	12
<b>Figure 9.</b> Caractéristiques morphologies d'un citron .....	13
<b>Figure 10.</b> Yaourt naturel .....	15
<b>Figure 11 :</b> Diagramme des étapes de fabrication de yaourt.....	21
<b>Figure 12.</b> Écorce de citron après découpage .....	23
<b>Figure 13.</b> Écorce de citron dans l'étuve .....	23
<b>Figure 14.</b> Écorce de citron séché .....	23
<b>Figure 15.</b> Broyage de l'écorce de citron.....	23
<b>Figure 16.</b> Technique de l'extraction de pectine (broyage , filtration, traitement acide, refroidissement, ,lavage par éthanol, pectine après filtration .....	25
<b>Figure 17.</b> Les pots de yaourt .....	28
<b>Figure 18.</b> pH mètre .....	30
<b>Figure 19.</b> Analyseur d'humidité .....	30

<b>Figure 20.</b> Pourcentage de l'humidité par rapport à la matière sèche de l'écorce de citron...	33
<b>Figure 21.</b> Rendement d'extraction de la pectine de l'écorce de citron.....	34
<b>Figure 22 :</b> Evaluation sensorielle de l'odeur de yaourts additionnés de pectine au cours de la période de post-acidification.....	42
<b>Figure 23 :</b> Evaluation sensorielle du goût de yaourts additionnés de pectine au cours de la période de post-acidification.....	43
<b>Figure 24 :</b> Evaluation sensorielle d'arrière-goût de yaourts additionnés de pectine au cours de la période de post-acidification.....	43
<b>Figure 25 :</b> Evaluation sensorielle de la texture de yaourts additionnés de pectine au cours de la période de post-acidification .....	44

# **Introduction**

## INTRODUCTION

L'Algérie est un pays de tradition laitiers. Le lait et les produits laitiers occupent une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens ils apportent la plus grosse part de protéines d'origine animale. En regard de son contenu en énergie métabolisable, le lait présente une forte concentration en nutriments

L'industrie laitière est génératrice d'un certain nombre important de sous-produit dans la composition, la qualité et la valeur nutritionnelle justifie leur valorisation. Parmi ces produits en trouve le yaourt. Un composant qui contient des stabilisants parmi eux la pectine (**Sodini et al., 2004**).

La pectine est une macromolécule principalement extraite à partir de marcs de pommes et d'écorces d'agrumes. Elle occupe une place de choix dans de nombreuses applications, à la fois pour son image de produit naturel, pour ses propriétés nutritionnelles et surtout pour ses propriétés fonctionnelles (**Mesbahi et al., 2005 ; Combo et al., 2011**).

L'objectif principal de cette étude consiste à l'élaboration d'une nouvelle formulation de yaourt avec la pectine naturelle. Tout d'abord, d'extraire additif alimentaire naturel la pectine à base des écorces de citron. Ensuite, nous envisageons leur incorporation dans un lait fermenté type yaourt étuvé afin de suivre leurs effets sur la qualité physicochimique, microbiologique et organoleptique des yaourts expérimentaux au cours de la période de conservation (21 jour) à 4°C.

Le travail présent dans ce mémoire a été structure comme suivant :

Une synthèse bibliographique dans lesquelles des généralités sur la pectine sont présentés ainsi qu'une rappelle sur le citron et le yaourt.

Une partie expérimentale consacrée aux étapes d'extraction et la de formulation moyennant d'un plan d'expérience.



*Introduction*

---

Les différents résultats qui se sont dégagés avec leurs interprétations et une discussion  
Une conclusion générale clôture cette étude, ainsi que des perspectives pour mettre en  
avant les points qui méritent d'être approfondies.



# **Chapitre 01**

## **Pectine**

## I. Définition de pectine

La pectine est un polysaccharide qui a été découvert pour la première fois dans le jus de pomme par Vauquelin en 1790 (Chan, 2017). Le nom de pectine n'a été employé qu'en 1825 par le Français Henri Braconot (Kravtchenko et al., 1992); 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 » (Manfred et al., 1998).

## II. Structure de pectine

La structure principale des pectines est formée de chaînes faiblement polymérisées d'acides galacturoniques liés en  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) par une liaison glycosidique, appelée acides polygalacturoniques, et dans une faible proportion 1 à 4 %, d'unités L-rhamnose liées en  $\alpha$  (1-2) (Goycoolea et Cardenas, 2003; Sharma et al., 2006). Chaque unité rhamnose introduit dans la chaîne un coude et confère donc à l'ensemble une configuration en zig-zag. Des chaînes latérales de natures diverses, arabinane, galactane et arabinogalactane sont aussi greffées sur le squelette rhamnogalacturonique, d'où la grande diversité de ces polymères. Les fonctions acides sont souvent estérifiées par des groupements méthyles ou salifiées par des ions monovalents ou divalents tels que  $K^+$ ,  $Na^+$  et  $Ca^{2+}$

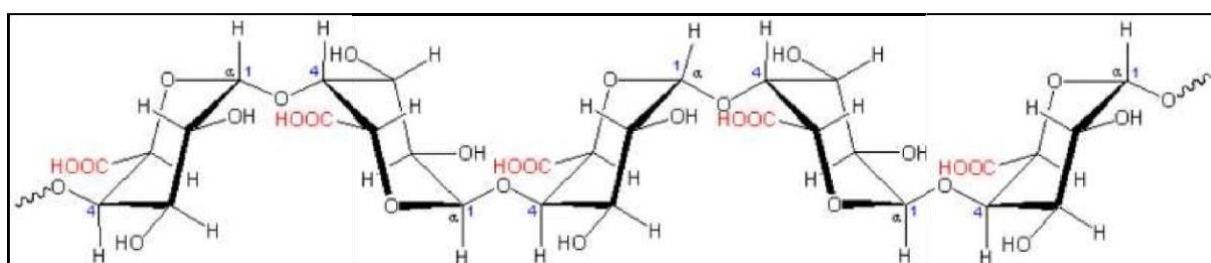
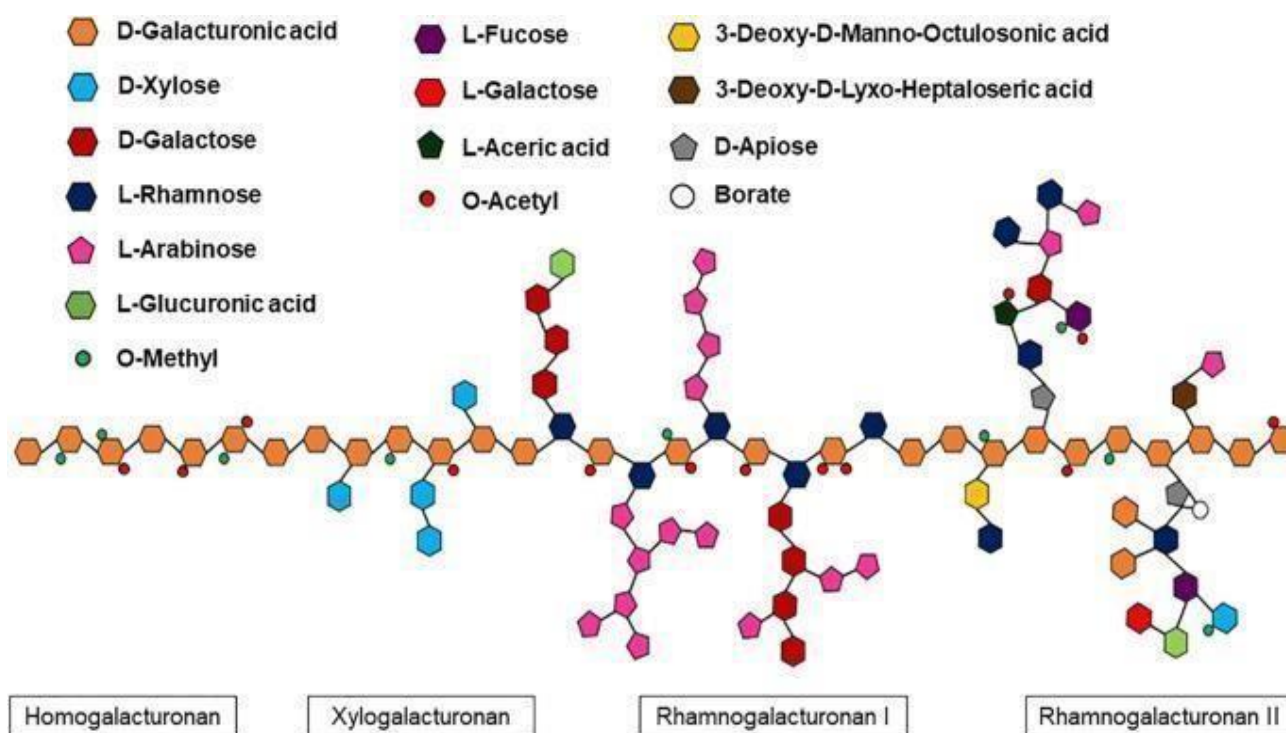


Figure 1. Structure moléculaire de la pectine (Fishman et Jen, 1986).

L'étude de la structure de la pectine a fait l'objet de nombreux travaux. (Thibault et al., 2000 ; Willats et al., 2001 ; Goycoolea et Cardenas, 2003 ; Yapo et al, 2006 ; Sharma et al., 2006). La composition de la pectine varie selon l'espèce végétale à partir de laquelle elle est synthétisée, les procédés d'extraction et de purification mis en œuvre

pour les extraire, et un certain nombre de facteurs environnementaux du sol. Malgré cette énorme diversité, trois familles de polysaccharides pectiques ont été isolées de la paroi primaire : L'acide homogalacturonique, l'acide galacturonique substitué et l'aciderhamnogalacturonique (O'Neill et al., 1990)

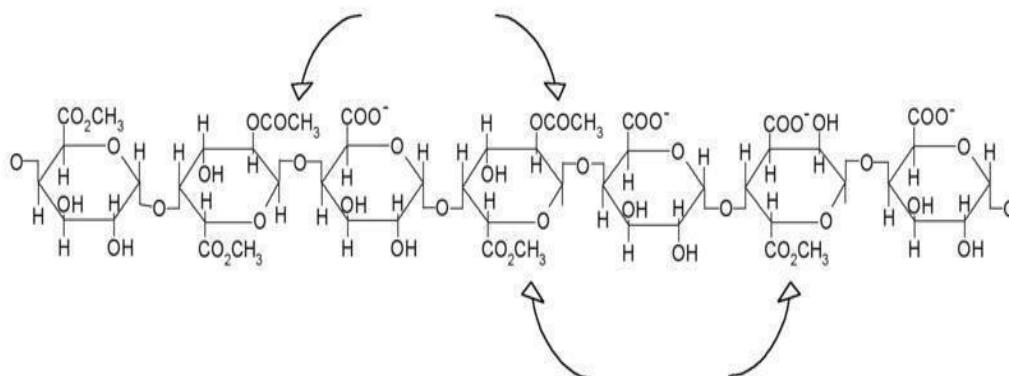


**Figure 2 :** Représentation schématique de la structure chimique de quatre polysaccharides pectiques : homogalacturonan (HG), xylogalacturonan HG substitué (XGA) et rhamnogalacturonan I et II (RG-I et RG-II), d'après (Mohnen, 2008)

## II.1 Structure des homogalacturonanes

L'homogalacturonane est un homopolymère linéaire constitué d'environ 100 résidus d'acides galacturoniques (GalA) liés en  $\alpha$ -(1,4) (Thibault et al., 1993). Certains résidus

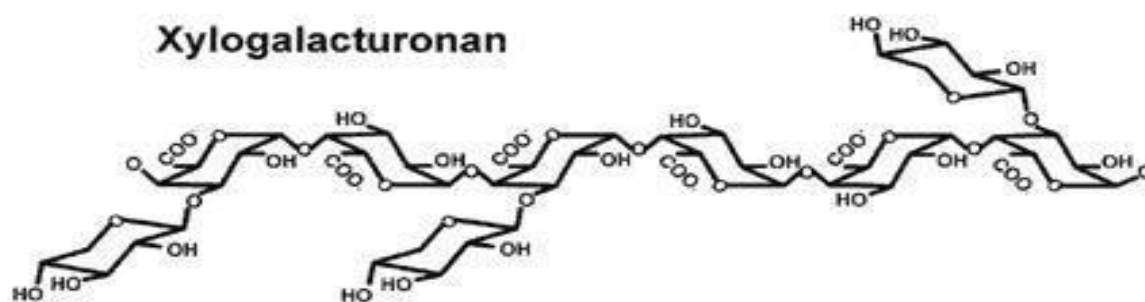
GalA peuvent être estérifiés en position C-6 par des groupements méthyles ou Oacétylés en O-2 ou O-3 (**Perrone et al., 2002**).



**Figure 3** : Structure primaire d'un homogalacturonanes (**Sebaoui, 2018**).

## **II.2. Structure de galacturonanes substitués**

Il s'agit de l'xyloalacturonane présente dans les tissus des graines et des fruits, ils ont été récemment identifiés chez *Arabidopsis thaliana* (**Voragen et al., 2009**) et de l'apiogalacturonane qui est présent chez les monocotylédones aquatiques comme Lemna. (**Mohnen, 2008**) (figure 4 et 5).



**Figure 4** : Structure de xylogalacturonane (**wong2008**).

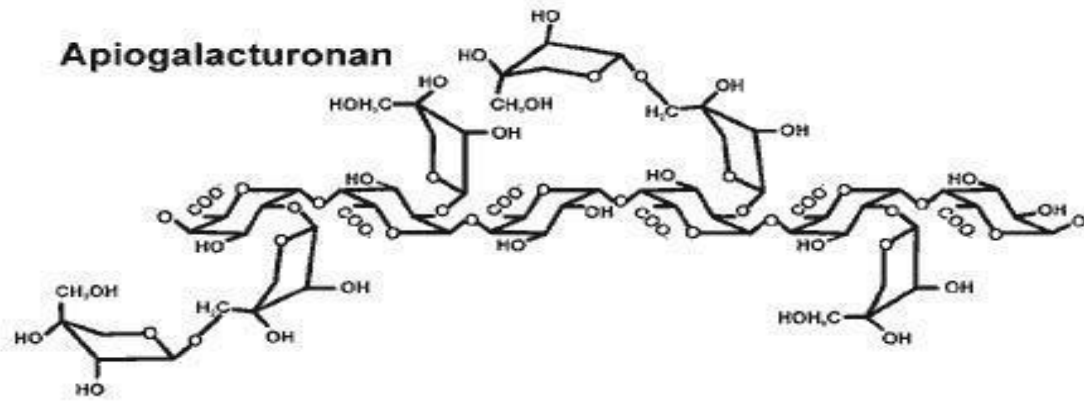
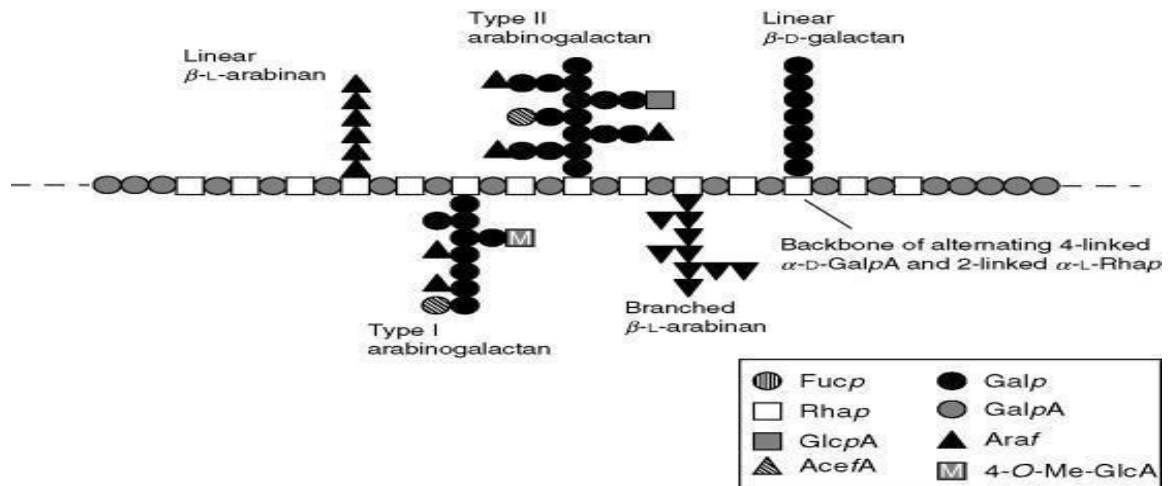


Figure 5: structure d’apiogalacturonane (Schols et al., 1995 et Golovchenko et al.,2022)

**II.3Rhamnogalacturonane**

IL existe deux types :

Le RG-I est une famille de polysaccharides pectiques qui représente 7 à 14% de la pectine et environ 20 à 80 % des rhamnoses du RG-I sont substitués (Ridley et al, 2001 ; Jackson et al, 2007). Le RG-I d’un degré de polymérisation (DP) d’environ 1000 est constitué d’une alternance d’unités rhamnosiques et d’unités galacturonique [→4)-α-D-GalA-(1 2)α-L-Rha-(1→]. Comme dans l’homogalacturonanes, certains résidus d’acide galacturonique de RG-I sont acétylés (Dumville et al.,2000 ; Perrone et al., 2002)

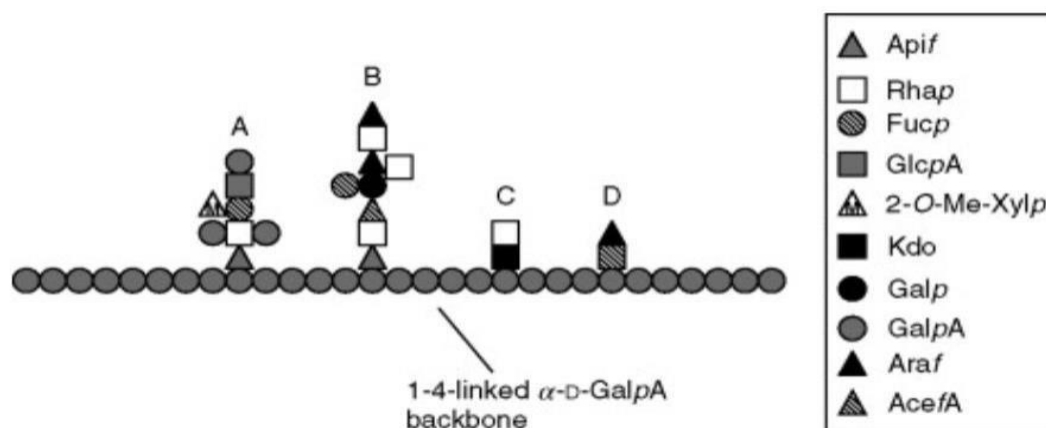




**Figure 6** :Schéma de principe du RG-I (Waldron et Faulds, 2007).

Le RG II faiblement présents dans la paroi cellulaire primaire, ils représentent environ 10% de la molécule de pectine (Babbar et al., 2016).

Ils sont très répandus chez les végétaux (Ovodov, 2009;Yapo 2011). Les RG II comptent environ 20 résidus glycosylés et entre 28 et 36 monosaccharides différents interconnectés par une vingtaine de liaisons glycosidiques et liées par des liaisons (1 → 4) au squelette de  $\alpha$ -D-galacturonane, faisant de cette région une molécule très complexe (Yapo 2011) ;



**Figure 7**:Schéma de principe du RG-I (Waldron et Faulds, 2007).

### III. Principaux sources de la pectine

La pectine est contenue naturellement dans l'endocarpe des fruits sous forme de protopectines qui sont libérées sous forme de pectines lors de la cuisson. La teneur en pectines des fruits est variable en fonction de la nature des fruits et de leur maturité (Michael, 2002).

**Tableau 1.** Différents niveaux sources de pectines végétales (Pelt, et al., 2014)

Pectines, en % de fruit frais		
Pomme	0,5 - 1,6	Teneurs supérieures à 1,5 % Fruits très riches en pectines
Citron	2,5 - 4,0	
Orange	3,5 - 5,5	
Abricot	1,0	Teneurs voisines de 1 % Fruits riches en pectines
Prune	0,9	
Goyave	0,8 - 1,0	
Poire	0,5	Teneurs comprises entre 0,5 et 1 %
Mûre	0,7	Fruits moyennement riches en pectines
Fraise	0,6 - 0,7	
Cerise	0,3	Teneurs inférieures à 0,5 % Fruits pauvres en pectines
Pêche	0,1 - 0,5	
Mangue	0,25 - 0,45	
Tomate	0,2 - 0,6	
Cassis	0,1	

## **.VI. Propriétés physicochimiques de la pectine**

### **VI.1.Solubilité et précipitation**

La pectine est polysaccharide (hydro colloïde) est soluble dans l'eau et insoluble dans la plupart des solvants organiques. La solubilité dans l'eau est dépendante de la distribution de groupement méthoxylé de la masse molaire. La solubilité des pectines est conditionnée par des facteurs essentiels à leur structure :

Degré méthylestérification: l'hydrosolubilité augmente avec la diminution de DM (Chen 2015).

Masse molaire: La propriété physique de la pectine dépend largement de sa masse molaire (Guillot et al .2007). Quand la masse molaire est faible la pectine est plus soluble

Force ionique : La solubilité diminue avec l'augmentation de la force ionique. pH supérieur à 3 et Pka intrinsèque de fonction carboxylique de pectine (Bemiller 1986).

La pectine se solubilise grâce à 3 étapes successives : hydratation, gonflement et dissolution (Chen 2015).

### **VI.2. Gélification de pectine**

La gélification est un procédé qui consiste à former un gel. On peut définir un gel comme "un système colloïdal : les molécules gélifiantes sont des macromolécules qui forment un réseau en se solvatant. Ce réseau tridimensionnel solide contient entre ses mailles une phase liquide" (Wehrlé 2012). La pectine peut former des gels à des sous conditions (température, pH, temps)

- Gels de pectines hautement méthylestérifiés (pectines HM) :

Ces pectines ont un DM compris entre 60 à 75%, elles gélifient en milieu acide (2.5\_ pH \_3) en présence de sucre (masse de sucre >55%). En solution aqueuse diluée, les macromolécules pectiques sont fortement hydratées et chargées négativement du fait de la dissociation des acides carboxyliques. Pour qu'elles puissent se rapprocher et

former un gel, il faut donc que l'hydratation diminue et que la répulsion entre les groupes ioniques soit rendue aussi faible que possible (diminution du pH).

La diminution de l'hydratation est réalisée par addition de saccharose, qui joue le rôle d'un fixateur d'eau puissant et détruit l'enveloppe d'hydratation des pectines (**Rees, 1972**). Ce comportement des pectines HM est utilisé dans l'industrie des confitures et gelées.

- Gels de pectines faiblement méthylestérifiants (FM) :

Ces pectines de faible DM, obtenues par d'estérification contrôlée des pectines HM, gélifient en présence de cations alcalino-terreux (le calcium pour les gels alimentaires).

Le pH de gélification est large et compris entre 2 et 6 (**Ralet et al., 2002**). L'ion  $\text{Ca}^{2+}$  prendrait part à 9 liaisons de coordination formant une structure originale dite en « boîte à œufs » (**Morris et al., 1978**, **Axelos et Thibault, 1991**) Une telle structure ne peut se former que par interaction entre régions homogalacturonique suffisamment longues des macromolécules pectiques (au minimum 15 à 20 résidus de GalA). La présence de substitutions méthylester et/ou acétyle gêneront la formation de cette association et donc limiteront la gélification des solutions.

## V. Biosynthèse de la pectine

La pectine est synthétisée dans l'appareil de Golgi. Les polysaccharides sont déchargés dans l'espace extracellulaire, où ils sont intégrés dans la paroi cellulaire (**Gerhard, 1993**). Dans certaines cellules végétales, une partie de la pectine n'est pas intégrée dans la paroi cellulaire mais est sécrétée sous forme d'eau. Polysaccharides solubles (**O'Neill et al., 2001**). Au cours de la maturation de nombreux fruits climatériques, une série de changements structurels et chimiques se produisent dans les polymères d'acide homogalacturonique et d'acide rhamnogalacturonique de la matrice de pectine de la paroi cellulaire. Ces changements comprennent le clivage des groupes d'ester méthylique des biopolymère de pectine et le déclenchement de lieux calciques pour former des ponts calciques inter ioniques entre les chaînes de pectine adjacentes (**Watson, 1994**).

## VI. Dégradation de pectine

La dégradation de pectine à deux voies : chimique et enzymatique.

### **VI.1 Dégradation chimique**

Les substances pectiques en solution peuvent subir deux principaux types de dégradation : des estérifications, réactions classiques qui libèrent le méthanol et forment des pectates et des dépolymérisations, soit par hydrolyse (acide ou enzymatique) des liaisons  $\alpha(1-4)$  en milieu acide (**Donato, 2004 ; Renard, 2010**). - soit par des réactions de  $\beta$ -élimination qui provoquent la rupture des liaisons glycosidiques adjacentes à un groupe estérifié entre les résidus d'acides galacturoniques et l'apparition d'une double liaison entre les carbones C-4 et C-5 en milieu neutre à basique (**Donato, 2004 ; Renard, 2010**).

### **VI. 2. Dégradation enzymatique**

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 soluble de haute polymérisation. Selon **Ranveer et al., 2005**. Puis celui des estérases qui catalysent la déstérification des pectines par l'enlèvement des esters méthoxyles et enfin celui des de polymérases qui catalysent le clivage hydrolytique des liaisons glycosidiques  $\alpha(1\rightarrow4)$  qui fait partie de l'acide Dgalacturonique dans les substances pectiques. (**Be'lafi-Bako et al., 2007**).

## **VII. Applications de la pectine**

### **VII.1. Application alimentaire**

Les pectines ont été utilisées dans la première fois pour la préparation des confitures, des gelées, des marmelades et des conserves, qui sont les gels tartinables (**N'Bemiller, 2001 ; Marathe et al., 2002**). Les interactions protéo-pectine améliorent la solubilité, l'émulsification, la gélification et le comportement moussant des concentrés protéiques (**Barrera et al., 2002**). Actuellement, la pectine est également utilisée dans la fabrication de bonbons et des gâteaux comme un additif alimentaires. Les pectines aussi utilisées comme un stabilisateur pour les acides (les produits laitiers).

## **VII.2.Application pharmaceutique**

Jusqu'en 2002, la pectine était l'un des ingrédients principaux utilisés dans des pastilles pour le mal de gorge comme adoucissant aussi comme un agents anti diarrhée .Dans les produits cosmétiques, elle agit en tant que stabilisateur et est employée dans les préparations curatives de blessures et particulièrement et surtout dans les adhésifs médicaux, tels que les dispositifs de colostomie (**Pranati et al., 2011**). Elles ont notamment un effet efficace pour éliminer du cholestérol dans le sang (**Gracia Diez et al., 1996**).

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

# **Chapitre 02**

## **Citron**



## I. Définition

Les citrons (*Citrus limonia*) (Burm, 1768) font partie de la vaste famille des Rotacées du bassin méditerranée, (Gollouin et Tonelli, 2013)

L'origine géographique du citron se situerait à proximité de la Chine et de l'Inde, sans doute au Kashmir, il y a environ 3000 ans. Il est produit en Asie depuis très longtemps, les premières traces de culture, en Chine, datent de 2500 ans. (Amand Basiliç, 2021).

Le citron est un petit arbre (arbuste) vert et aromatique dont la taille peut varier de 2 à 10 m de haut, porte 5-6 branches charpentières très fournies en rameaux. Il reste longtemps sur l'arbre sans que le goût s'altère (Bachés, 2011). Le citron est riche en vitamine C et d'un large éventail de vitamines de groupe B avec des quantités considérables de flavonoïdes et vitamine A et E dans l'écorce, la teneur en glucides et en protéines est faible, il est riche en substances minérales (le potassium est le minéral le plus abondant aussi riche en magnésium zinc sélénium et calcium, phosphore).



Figure 8 : Fruit de citron et ces feuilles (E.prédine,2015)

## II. Classification de citron

Selon (Padrini et al. 1996) la classification de citron est la suivante :

Ordre : Sapindales

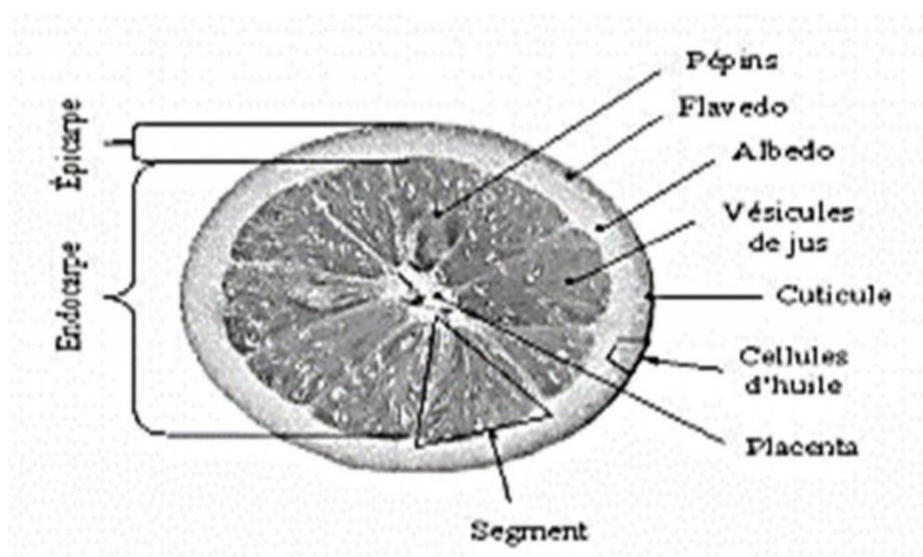
Famille : Rutaceae, Rutacées

Genre : Citrus

Espèce : *Citrus limon*

### III. Structure de citron

Les fruits des citrus cultivés présentent la même structure anatomique sont des fruits de type bai avec un péricarpe structuré en trois parties bien différenciées : l'épiderme (Flavédo), mésocarpe (Albédo) et l'endocarpe (pulpe) (**Espirad, 2002**).



**Figure 9** : structure anatomique du citron (**Duan et al, 2014**)

### IV. Variétés de citron

Parmi les innombrables variétés de citron que vous pouvez trouver sur les marchés voici les plus courantes :

**Primofiori** : d'Octobre à décembre, forme ovale, peau fine, pulpe très juteuse.

**Internado** : de Septembre à octobre, fruit de grand de taille, peau très fine, pulpe Juteuse et acide, pas des pépins.

**Verna** : durant toute l'année, fruit de couleur jaune intense, peau rugueuse et épaisse, pas des pépins, peu acide.

**Eureka** : Cultivé durant quatre saisons, forme ovoïde, un zeste difficile à prélevé, Juteuse et très acide (**Espirad, 2002**).

## V. Utilisation et effets thérapeutiques de citron

De nombreuses des études ont montré que les espèces du genre Citrus sont riches en principes actifs tels que les composés phénoliques et les flavonoïdes, (**Valnet, 2001**). Utilisés à des fins thérapeutiques ou dans les domaines cosmétiques ou alimentaires (**Kahkonen et al., 1999 ; Shahaib et al., 2011**).

La saveur amère et aromatiques de la pulpe de citron amère ouvre l'appétit et facilite la digestion (**Touscher et al., 2005**).

Le citron a été utilisé contre l'insomnie, l'asthme et dissoudre des cristaux rénaux (**Okwu and Emenik, 2006**). Il stimule de l'appétit (**Santo et al., 2011 ; Karimi et al., 2012**). Ils sont connues par leurs activité anti-microbienne, anti-inflammatoire, antioxydante, anticancéreuse et anti-stress (**Del-rio et al., 2004**).

# **Chapitre 03**

## **Yaourt**



## I. Historique

Le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) originaire d'Asie, vient de «yoghurmark», mot turc signifiant «épaissir» (**Tamime et Deeth, 1980**). En 1902, deux médecins français, Ris et Khoury, isolent les bactéries présentes dans un lait fermenté égyptien. Metchnikoff élève de Louis Pasteur (1845-1916) isole ensuite la bactérie spécifique du yaourt «le bacille bulgare», analyse l'action acidifiante du lait caillé et suggère une méthode de production sûre et régulière (**Rousseau, 2005**). En effet, c'est en 1919 qu'Isaac Carasso commence à produire du yaourt à Barcelone selon des procédés industriels (**Pelletier et al, 2007**). Le yaourt dit «nature» constituait l'essentiel des productions de laits fermentés, mais à partir des années 1960-1970 sont apparus les produits sucrés puis aromatisés et aux fruits

## II. Définition

Selon le **codex alimentaire** et FAO (**Food agriculture organisation 1975**), le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par la fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus delbrueckii* sous espèce bulgaricus (*Lb. bulgaricus*) et de *Streptococcus salivarius* sous espèce thermophilus (*St. thermophilus*) à partir du lait frais que du lait pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) avec ou sans addition de substances (lait en poudre, poudre de lait écrémé, les protéines de lactosérum concentrés ou non, la caséine alimentaire...etc.). Les microorganismes du produit final doivent être viables et abondants (**Vingnola et al., 2002**).



**Figure 10 : yaourt naturel (C.G.Laffront 2021) III.**

**Matières premières :**

La principale matière première pour la fabrication des yaourts est le lait dont, pour l'essentiel, le lait de vache. Il est constitué d'environ 88% d'eau et de 12% de matière sèche contenant des glucides, des protéines, des lipides et des minéraux (Tamime et Robinson, 1985). contenant des glucides, des protéines, des lipides et des minéraux (**Jean et al., 2008**).

Les constituants les plus abondants, après l'eau, sont les glucides essentiellement représentés par le lactose. Les principaux constituants protéiques sont les caséines.

La  $\beta$ lactalbumine est la protéine sérique la plus dominante (**Vilain, 2010**).

**Tableau 02** :La composition chimique moyenne du lait (**Tamimeet Robinson., 1999**).

Constituants	Teneurs (g/l)
Eau	874
Glucides (lactose)	48
Matière grasses	39
Matière azotées	32
-Caséines	26
-Protéines sériques	5
-Azote non protéique	1
Minéraux	7
-Calcium	1.2
-Phosphore	0.9
-Potassium	1.4
-Autres minéraux	
Oligo-éléments	Traces



#### **IV. Étapes de fabrication de yaourt :**

Les étapes en sont brièvement les suivantes (**Bourlioux et al., 2011**) :

- Préparation du lait préalablement standardisé (ajustement du taux de matières grasses, enrichissement en matière sèche sous forme de lait en poudre)
- Pasteurisation pour but de détruire les éventuelles bactéries pathogènes en chauffant le lait à une température de 93°C, puis refroidissement autour de 40°C (**M.Harir, 2020**).
- Préparation des ferments servant d'inoculum en respectant les proportions optimales entre les souches de bactéries.
- Introduction dans le lait de l'inoculum, puis addition d'éventuels arômes et colorants alimentaires.
- Répartition du mélange dans les pots qui sont immédiatement thermo scellés et conditionnés sur palettes ;
- Fermentation en étuve à une température de 42 à 44°C pendant une durée généralement courte si les ferments sont en quantité optimale (environ trois à quatre heures) .
- Refroidissement généralement en réfrigérateur, puis stockage et maintien à 4°C jusqu'au rayon du distributeur

#### **V. Technologie de fabrication de yaourt :**

Le diagramme de production diffère selon le type de produit : yaourt ferme ou yaourt brassé suivant au-dessus :

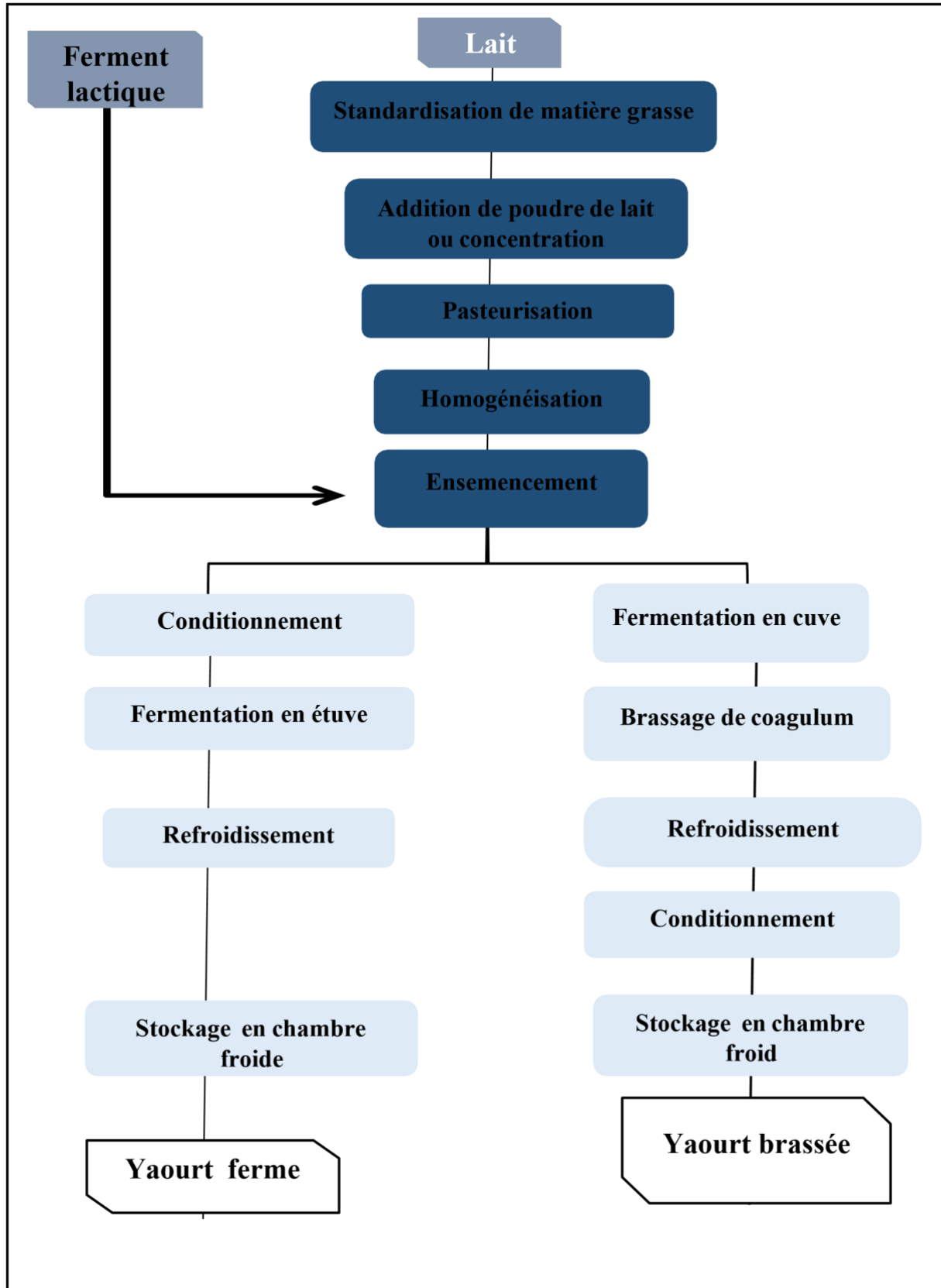


Figure 11 : Diagramme des étapes de fabrication de yaourt (Bourlioux et al.2011).  
 VI. Effets de yaourt sur la santé

Le yaourt est bénéficié chez les consommateurs dans image bon sur la santé (**Bourlioux et al., 2011**). Certains effets qui sont les suivants :

#### *\_Effet Probiotiques*

Sont des micro-organismes vivants (le plus souvent des bactéries) qui, lorsqu'ils sont administrés en quantité adéquate, produisent un bénéfice pour la santé de l'hôte (**FAOOMS 2002**). Les bactéries lactiques possèdent une lactase ( $\beta$ -galactosidase) active tout au long du tractus digestif, ce qui permet au yaourt d'être parfaitement adapté aux personnes ayant une intolérance au lactose. Ils possèdent des effets probiotiques, et augmentent donc l'immunité intestinale et systémique (**Lecerf, 2020**).

#### *\_Effet Prébiotiques*

Ce sont des composés non digestibles qui, via leur métabolisation par les micro-organismes de l'intestin, permettent de moduler la composition ou l'activité du microbiote intestinal et par là, de conférer un effet physiologique bénéfique à l'hôte.

#### *\_Effet sur le poids*

Dans l'étude « Framingham Heart Study Offspring Cohort », les sujets ont été suivis entre 1991 et 2008. Ceux consommant plus de 3 yaourts/semaine ont pris moins de poids et de tour de taille.

#### *\_Effet sur la pression artérielle*

Des effets favorables ont également été observés sur la pression artérielle et sur les lipides plasmatiques. Ceci explique sans doute la réduction du risque cardiovasculaire associée à la consommation de yaourt dans plusieurs études épidémiologiques (**Lecerf, 2020**).

#### *\_Effet sur les diarrhées*

De nombreux essais cliniques ont testé l'effet de bactéries lactiques sur les diarrhées infectieuses de l'enfant : l'effet de certaines souches bactériennes sur la réduction du risque d'apparition d'une diarrhée infectieuse et sur la diminution de sa sévérité. Certains laits fermentés ont montré un effet favorable dans la prévention de diarrhée post-antibiothérapie : l'administration d'un lait fermenté par L. casei à des personnes

âgées traitées par des antibiotiques diminue ainsi les cas de diarrhée à Clostridium difficile. (**Bourlioux et al.,2011**).

Effet sur les os :

Le yaourt connu que riche en calcium et les minéraux, la quasi-totalité des études d'intervention montre que la consommation de produits laitiers augmente la densité minérale osseuse (**Lecerf, 2020**).

Effet sur diabète type 2

Étude l'Européen Prospective Investigation into Cancer and nutrition (EPIC)-Norfolk qui est une étude cas-témoin nichée avec 25 000 sujets suivis 11 ans a montré que la consommation de yaourts était associée à une diminution de 28 % du risque de diabète de type 2 (DT2).(**Lecerf, 2020**).

# **Partie expérimentale**

## **Matériel et méthode**



Notre partie expérimentale est effectuée pendant deux mois (février et mars 2022) sur deux étapes :

- **1<sup>er</sup> étape** au laboratoire PFE à la faculté science alimentaire dont le quelle l'extraction et l'analyse de la pectine issue d'écorces de citron ont été effectués.
- **2<sup>ème</sup> étape** au laboratoire de COLAITAL qui se situe au «les vergers Birkhadem Alger (BP N°30 crée en 23 juillet 1997) dont le quelle l'application de la pectine dans le yaourt est réalisée avec des analyses physico-chimiques et microbiologiques

### **Présentation de la laiterie COLAITAL de Bir khadem**

L'unité de production laitière de bir khadem COLAITAL situé à la wilaya d'Alger à connu long et important parcours. Laico était la dénomination d'une petite usine sous forme de coopérative laitière conçue à l'emplacement même d'un complexe laitier par les colons de la Mitidja, qui suite a une faillite en 1955 a fermé ses portes

A partir de 1973, l'ONALAIT a mise en évidence le plan d'étude relatif a la constitution du complexe et afin de réaliser, il sollicite entreprises Algérienne, mais les équipements de fabrication furent importés de l'étranger, à savoir la Suède et Belgique

- En 1981 ,l'ONALAIT a découpé l'office en cinq unités à savoir :
- L'unité de Draa Ben kheda
- L'unité de Blida
- L'unité de Boudoua
- L'unité d'Arribs a khmissmiliena

Il existe deux offices régionaux, l'OROLAIT l'ouest et l'ONALAIT se l'Est

Jusqu'a 1989, l'ONALAIT devient GILAC, entreprise publique économique autonome .Huit ans après et plus précisément le 23 juillet 1997, l'ORLAK reprend son ancien nom à savoir COLAITAL\spa.

COLAITAL de bir khadem a préservé sa proximité du consommateur grâce à la maintenance sous diverses formes Elle produit exclusivement le lait à des qualités très importantes, ainsi elle constitue un réseau de 25 points de vente à travers la wilaya d'Alger.

## **I. Matériel**

### **I.1. Matériel biologique**

#### ***a. Matériel végétal***

Extraction de la pectine est réalisée à partir de l'écorce de fruit de citron agrume de saveur acide récolté de la région de Boufarik (Wilaya de Blida) le mois de février. **b.**

#### ***Matériel animal***

Deux bactéries des cultures sthermophilus utilisées pour la fabrication de yaourt.

- ***Lactobacillus delbrueckisusp.bulgaricus.***
- ***Streptococcus thermophilus.***

Sont des cultures thermophilus de couleur blanc cassé légèrement rouge ou brun et une forme granulats. Ils sont utilisés dans la production de yaourt texturés ou post acidifiants. Elles proviennent de laboratoire de COLAITAL.

### **I.2. Matériel non biologique**

La liste des produits chimiques et le matériel utilisés dans l'expérimentation est dans l'annexe 1.

## **II. Méthodes**

### **II.1. Préparation de la poudre de citron**

Les citrons récemment récoltés sont transportés au laboratoire pour l'extraction. Après un lavage avec de l'eau courante pour nettoyage les écorces ont été découpées en petits morceaux (figure). Les fragments sont séchés dans une étuve à une température de (40 à 50) c° (figure) jusqu'à la stabilité du poids. Les écorces ont été ensuite broyées (figures) à l'aide d'un broyeur. La poudre obtenue a été conservée dans des boîtes en verre pour l'analyse.

**Figure 12: Ecorce de citron après découpage**



II :



Figure 13 : Ecorce de citron dans

l'étuve



Figure 14: Ecorce de citron

séché



Figure 15 : Broyage de l'écorce de citron



## II.2. Taux d'humidité :

Le pourcentage en humidité est la quantité en eau perdu durant le séchage par rapport à la matière fraîche. Un poids de 100 g de l'écorce de citron est soumis à une température de (40 à 50) °C dans une étuve jusqu'à l'obtention d'un poids constant (**Berardini et al., 2005**). Cette opération a été répétée trois fois.

Le taux d'humidité est calculé par la relation suivante :

$$H\% = \frac{(M^2 - M^3)}{(M^2 - M^1)} \times 100$$

M<sup>1</sup> : la masse du papier vide.

II :

Matériel et Méthodes

M<sup>2</sup> : la masse du papier +la prise d'essai avant le séchage.

M<sup>3</sup> : la masse du papier +la prise d'essai après le séchage.

H : humidité.

Le pourcentage en matière sèche (MS%) est exprimée selon la formule suivante

$$MS\% = 100\% - \%H$$

### II.3. Extraction de pectine

#### II.3.1. Extraction par traitement acide

Il existe plusieurs techniques pour l'extraction de la pectine. La plus utiles c'est la méthode de traitement acide décrite par le **Lekbir, 2008**. La pectine est extraite de la poudre l'écorce de citron par une solution d'acide chaude et précipitée par une solution d'alcool.

La poudre d'écorce (10 g) est ajoutée à un bécher contenant un volume de la solution de 200 ml d'acide chlorhydrique (HCL) 0,1 N, puis porté à ébullition à 90 °C pendant 45

Les

traitement  
acide

refroidissement

filtration

minutes.

mélanges

obtenus ont

été plongés dans de la glace afin d'arrêter le processus d'hydrolyse. Les surnageant sont récupérés après filtration. La pectine est alors précipitée avec deux volumes d'alcool (éthanol) pour un volume de surnageant. Le précipité obtenu est lavé par un volume d'alcool à 66 °

Le

lavage par  
éthanol

pectine après  
filtration

broyage

culot est

recueilli,

séché et

enfin broyé en poudre. Et enfin, La poudre fine qui été conditionnée dans des boites hermétiquement fermées à une température inférieure à 10 °C.

II :

Matériel et Méthodes



Figure



16 :

Techniques  
d'extraction  
pectine de

## II.4. Rendement

Le rendement en pectine est calculé suivant l'équation suivante :

$$R_{\text{pectine}} (\%) = 100 \times P / E$$

Où ( $R_{\text{pectine}}$ ) est le rendement de la pectine extraite en pourcentage,

(P) : le poids de la pectine extraite,

(E) : le poids des écorces de citrons séchées utilisées durant l'extraction.

## II.5. Analyses physico-chimiques de la pectine

### II.5.1. Teneur en humidité

L'humidité est déterminée selon la méthode de l'AOAC, 1980. Une quantité de 1g de la pectine de citron a été chauffée dans l'étuve à 105°C pendant 4h. La teneur en humidité a été exprimée en pourcentage % après pesage.

### II.5.2. Taux de cendres

Le taux de cendres est évalué par une incinération de 1g de poudre pectine dans un four à moufle à 600°C pendant 4h. le résultat est exprimé par la formule suivante :

$$\text{Cendre} = \frac{\text{Masse de cendre}}{\text{Masse de pectine}} \times 100$$

### II.5.3. Détermination du poids équivalent

Le poids équivalent, la teneur en méthoxyle, et l'acide galacturonique sont déterminés selon la méthode par **Owens et al, 1952**. La valeur du poids équivalent est utilisée pour calculer la teneur en acide galacturonique.

Le poids équivalent est déterminé par une prise d'essai de 0.5g de pectine dans une fiole avec 5 ml d'éthanol. Ensuite, 1g de chlorure de sodium (NaCl) est ajouté à la solution. Puis, 100ml d'eau distillée et 6 gouttes de rouge de phénol (comme indicateur coloré) sont additionnés. Le mélange est agité rapidement pour s'assurer la solubilisation la pectine.

Et enfin, La solution est titrée avec du NaOH (0.1N) avec une agitation jusqu'à ce que la couleur (rouge de phénol) devient rose persistante pendant au moins 30 secondes

L'équation suivante est utilisée pour calculer le poids équivalent :

$$\text{Poids équivalent} = \frac{\text{Masse de l'échantillon} \times 1000}{\text{Volume de NaOH} \times \text{Normalité de NaOH}}$$

### II.5.4. Teneur En Méthoxyle :

La détermination de la teneur en méthoxyle (MeO) est réalisée sur la solution neutralisée obtenue précédemment avec l'addition de 25 ml de NaOH à 0.25N avec agitation. Ensuite, la solution est laissée reposer pendant 30 min à température ambiante. Puis, 25ml de HCl (0.25N) est ajoutée et la solution est titrée avec du NaOH (0.1N) jusqu'au virage de la couleur de l'indicateur coloré (rouge de phénol) au rose.

Le calcul du teneur en méthoxyle est selon l'équation suivante :

$$\text{MeO (\%)} = \frac{\text{még de NaOH} \times 31 \times 100}{\text{masse de l'échantillon (mg)}}$$

Où : még : mélli équivalent. 31 : masse moléculaire de méthoxyle (MeO).

### II.5.5. Teneur en acide galacturonique :

La teneur en acide galacturonique est calculée par l'utilisation de la valeur de poids équivalent et la teneur en méthoxyle (MeO) par l'équation suivante :

$$\text{AGU (\%)} = \frac{176 (\text{még de NaOH pour l'acide libre} + \text{még de NaOH pour saponification}) \times 100}{\text{masse de l'échantillon (mg)}}$$

Où : 176 : masse moléculaire de l'acide uronique.

### II.5.6. Degré D'estérification :

Le degré d'estérification de la pectine (DE) est calculé comme suit :

$$\text{DE (\%)} = \frac{176 \times \text{MeO (\%)} \times 100}{31 \times \text{AGU (\%)}}$$

Où : MeO : teneur en méthoxyle. AGU : teneur en acide galacturonique.

## **II.6. Application de pectine sur la fabrication de yaourt**

Le yaourt provient de la transformation du lait par les bactéries lactiques.

Le lait utilisé a été préparé entre la poudre de lait (140 g/l) et la matière grasse (26%).

Le lait est ensuite homogénéisé et traité thermiquement à une température de 100°C

II :

Matériel et Méthodes

en vue de le pasteuriser. Après refroidissement à 45°C, la pectine est additionnée selon tableau 1 :

**Tableau 3** : quantité de la pectine ajoutée

Nombre de pots	la quantité de pectine( % )
12 pots	0
12 pots	0.1
12 pots	0.3
12 pots	0.6

L'ensemencement des souches lactiques (la *Lactobacillus bulgaricus* et la *Streptococcus thermophilus*) spécifiques du yaourt est effectué dans les essais à un taux de 3%

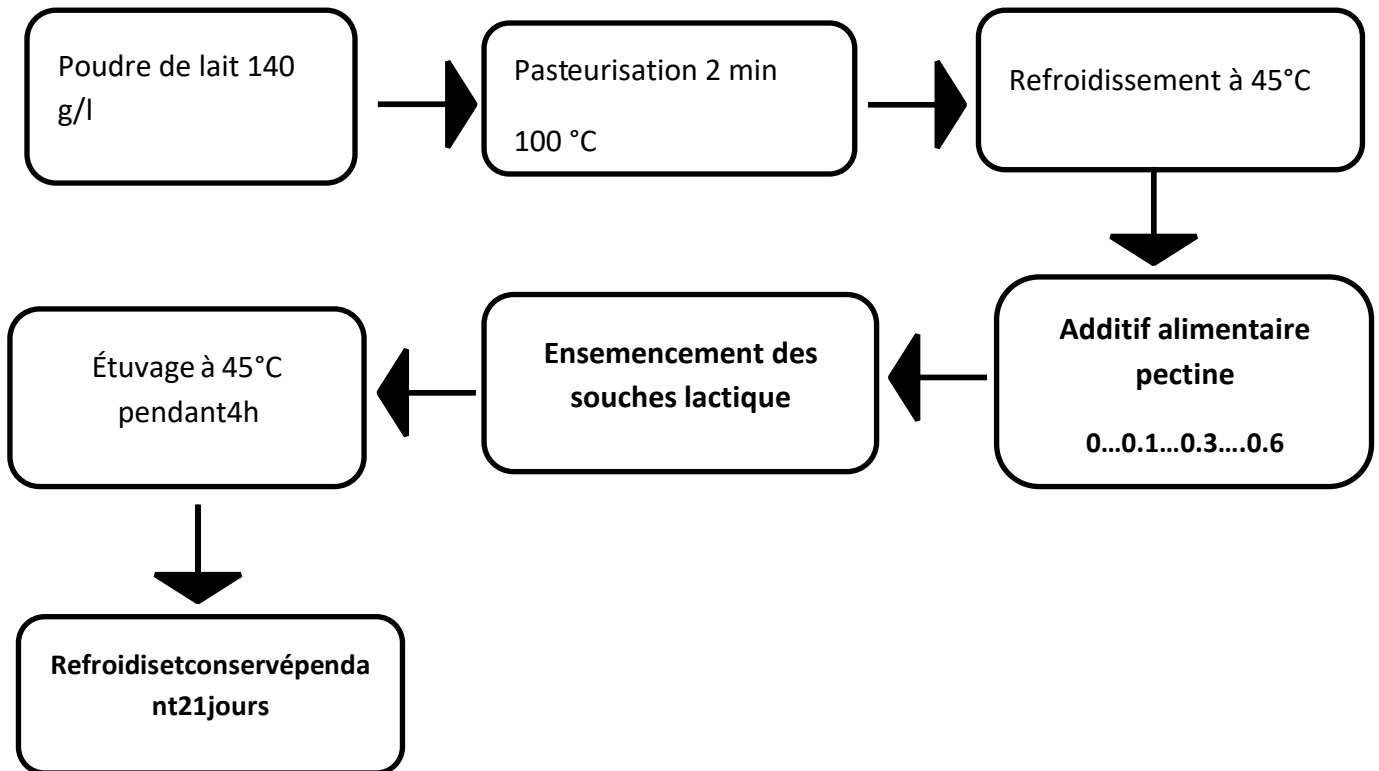
Chaque paramètre expérimental est représenté à raison de 12 pots par type . Après étuvage des échantillons à une température de 45°C durant 4 heures de la phase de fermentation, les laits fermentés expérimentaux sont refroidis et conservés à 4°C durant 21 jours de la période de post-acidification



**Figure 17** : Les pots de yaourt

II :

Matériel et Méthodes



**Figure 18 : étapes de l'application de pectine sur le yaourt**

## II.7. Analyses physicochimique et microbiologique de yaourt

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques sont effectuées chaque 7 jours au cours de la période de post-acidification pendant 21 jours de conservation des échantillons au froid à 4°C.

### II.7.1. Analyses physicochimiques

#### a. Acidité de yaourt

On prélève 10 ml de yaourt de chaque boîte (0,0.1, 0.3, 0.6) dans un bécher et 4 gouttes de phénolphtaléine sont ajoutés. Le mélange est traité par NaOH à N/10.

Chaque ml verser par la burette représente le degré de l'acidité de yaourt



II :

Matériel et Méthodes

### b. Taux de pH

La mesure de pH est réalisée par un pH mètre étalonné par deux solutions : l'une basique et l'autre acide à une température de 25 °C.



Figure 19 : pH mètre

### c. Taux d'humidité

La détermination de la quantité d'eau dans le yaourt est effectuée à l'aide d'analyseur d'humidité. 2g de yaourt est pesé dans la cuvette d'analyseur d'humidité et déposée dans la cuvette. Après la fermeture de la pare-prise, attendez l'écran jusqu'à montre le mot "End".



Figure 20 :Analyseur d'humidité

## II.7.2. Analyses microbiologiques

Le dénombrement de *Salmonella*, *Staphylococcus* et *streptococcus* est réalisé selon la méthode suivante :



II :

Matériel et Méthodes

**a. Salmonella**

Pour ce germe il faut effectuer un pré-enrichissement, c'est de mettre 25 g (ml) de produit dans 225 ml d'eau peptone tamponné et incubé à 37°C /24 h puis effectuer un enrichissement dans 100 ml du bouillon au sélénite et à la cystine et incubé à 37°C /24 h. En l'isolement se fait sur gélose hectoine par ensemencement de quelque goutte de milieu d'enrichissement et incubé à 37°C/24h

*La lecture* : Des colonies transparentes avec un centre noir

**b. Staphylococcus**

Dans un tube stérile, mettre 1 ml de la solution mère ou de ces diluants, couler le milieu GIOLOTTI CNTONI et incubé à 37°C/24h cela pour l'enrichissement puis effectuer un isolement sur gélose Chapman par ensemencement en stries et incubé à 37°C/24h.

*La lecture* : Des colonies noire brillantes convexes de 1,5 mm de diamètre entourées un halo clair (protéolyse) de 2 à 5 mm de diamètre

Des zones opaques peuvent apparaître plus tardivement dans le halo clair, elles sont dues à l'activité lipolytique et lécithinolytique des germes.

**c. Streptococcus**

Dans un tube contenant 10 ml du milieu ROTHE, ensemencer 1 ml de la solution mère ou de ces diluants, puis incubé à 37 °C/48h.

C'est le test présomptif, puis effectuer un test de confirmation et cela par le repiquage du tube précédent dans un tube contenant 10 ml de milieu LIGZKY et incubé une deuxième fois à 37°C/24\_48 h

*La lecture* :Apparition du trouble dans les tubes.

**II.7.3. Analyses organoleptiques***Test organoleptique*

Test organoleptique est effectué chaque 7 jours durant la période de fermentation et au cours de la période de post-acidification pendant 21 jours de conservation des

---

II :

*Matériel et Méthodes*

échantillons au froid à 6°C. Nous avons choisi cinq personnes qualifiées âgées entre 30 et 45 ans pour observer le yaourt sous ses différents aspects, ces personnes sont maîtrisées sur les aspects suivantes :

- ✓ Goût : consiste à apprécier l'ampleur de l'acidité développée par les germes lactiques ensemencés dans les laits fermentés type yaourt au cours de l'entreposage.
- ✓ Arrière-goût: le panéliste est appelé à apprécier la possibilité de sensation d'un arrière-goût.
- ✓ Odeur: le panéliste est appelé à l'existence ou pas de sensation de mauvaises odeurs émanant du produit dégusté.
- ✓ Texture: le panéliste est appelé à détecter que le yaourt a une forme solide ou liquide ou ferme.

**Echelle de notation :**

Le jury doit évaluer chaque critère en affectant les notes suivantes :

- ✓ **1 à 3** : Mauvais ✓ **4 à 6** : Bon
- ✓ **7 à 8** : Très bon
- ✓ **9 à 10** : Excellent

# **Résultats et discussion**



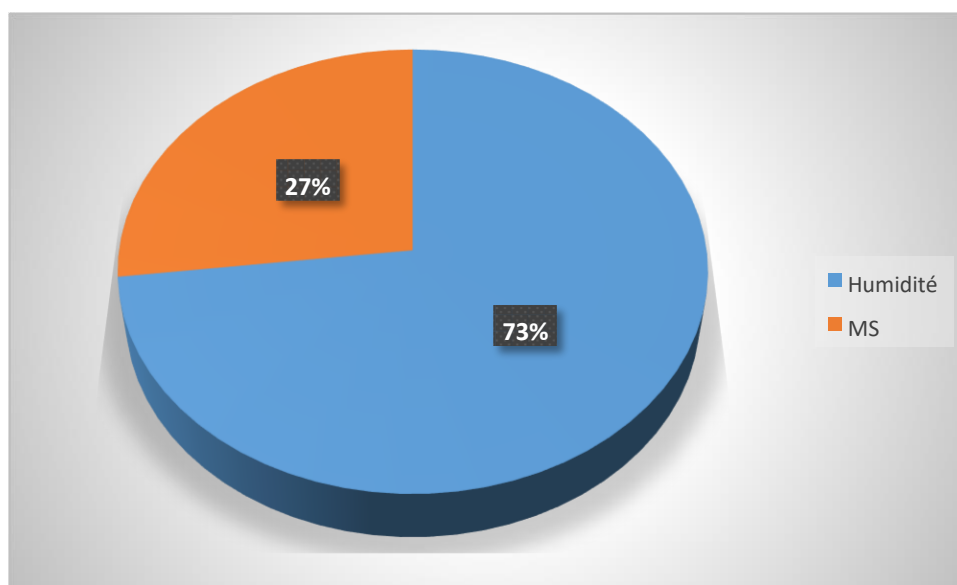
L'extraction de la pectine dans le but d'appliquer dans la préparation du yaourt a été effectuée sur l'écorce de citron, dont les résultats sont présentés dans cette partie

## I. Poudre de citron

### I.1 Taux d'humidité

Le taux humidité est calculé par un rapport entre l'écorce de citron fraîche et l'écorce de citron après séchage. Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous (figure 21)

:



**Figure 21** : Pourcentage de l'humidité par rapport à la matière sèche de l'écorce de citron

Au regard des résultats obtenus, il ressort que l'échantillon analysé est constitué de plus de 2/3 de la totalité de son poids d'eau qui est  $73.1 \pm 5.37$ . Par conséquent un pourcentage de matière sèche est inférieur à 30 % ( $26.9 \pm 5.37$ ).

Ces résultats pouvant être comparés avec des données de différents travaux réalisés dans le même contexte. D'après **Duan et al., 2014** qui ont travaillé sur les différentes variétés d'agrumes cultivées, les teneurs varient de 84.2 à 90.7%, qui sont semblés plus élevés que nos résultats.

Les variations en teneur en eau de différentes variétés d'oranges peuvent être dues aux certains nombres de facteurs, ainsi de la diversité entre les variétés (d'orange et

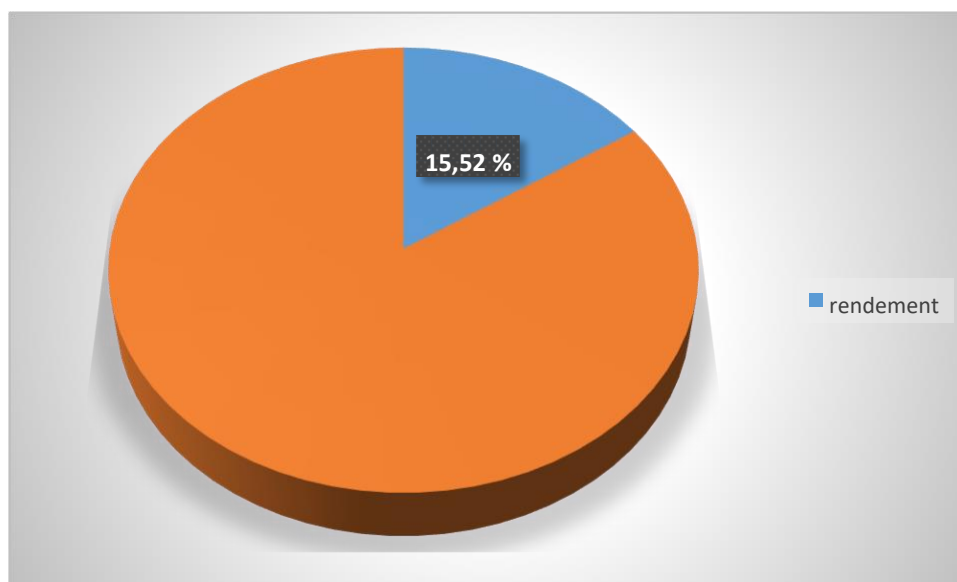
de citron) et les facteurs environnementaux (climat, fertilité du sol et degré de maturité)(**Del Caro et al., 2004**).

## II. Extraction de pectine

L'extraction de la pectine a été effectuée par la technique de traitement acide.

### II.1.Rendement

Les résultats de l'extraction réalisée sur l'écorce de citron sont représentés dans la figure ci-dessous



**Figure 22** : Rendement d'extraction de la pectine de l'écorce de citron

Le rendement a été calculé à partir de la poudre de l'écorce de l'orange séché. Le résultat obtenu montre que le rendement de pectine est varié entre 12.5 à 13% du poids sec de la poudre.

Le rendement d'extraction de la pectine est estimé à 15.52 % qui a été calculé par rapport au poids sec de la poudre de l'écorce de citron.

Ce rendement est proche de celui rapporté par **Guo et al., 2012** ont montré toutefois des rendements de l'ordre d'environ 15.47 %.

D'autres travaux menés par **Maran et al., 2013**, **Zanella et Taranto, 2015** et **Araoui, 2017** ont constaté des rendements d'extraction de pectine très élevés par rapport à notre étude (19.24%, 38.21% , 24.33%)

Les paramètres d'extraction (pH, temps et température) ainsi que les caractéristiques de la matière première sont à l'origine de ces variations (**Fishman et al., 2000**)

Les polysaccharides pectiques sont situés principalement dans la lamelle moyenne entre les cellules dans les tissus des végétaux supérieurs. Ils ont un poids moléculaire élevé, et sont étroitement liés aux autres polymères composant les parois cellulaires qui empêchent leur libération de la matrice des cellules. Pour extraire les substances pectiques contenues dans l'écorce d'agrumes, un prétraitement par micro-ondes de la matière végétale a été préconisé pour faciliter l'extraction de la pectine (**Kratchanova et al., 2004 ; Rezzoug et al., 2008**).

## II.2. Analyses physico-chimiques de la pectine

Les résultats obtenus pour les caractéristiques de la pectine de l'écorce de citron sont résumés dans le tableau suivant

**Tableau 4** : caractéristiques de la pectine de l'écorce de citron :

<b>Pectine d'écorce de Citron</b>	
<b>Teneur en humidité %</b>	29.07%
<b>Teneur en cendre %</b>	1.66%
<b>Poids équivalent</b>	877.19
<b>MeO %</b>	0.59 %
<b>AGA %</b>	4.17 %
<b>DE %</b>	80.33 %

**MEO** : méthoxyle ; **AGA** : acide galacturonique ; **DE** : degré d'estérification

Les résultats obtenus après analyses physico-chimiques de la pectine extraite de l'écorce de citron montrent que la teneur en humidité de la pectine est de 29.07.67% .

La teneur en cendre de la pectine d'écorce de citron est évaluée à 1.66% ; alors que le poids équivalent de la pectine est estimé à 877.19. La teneur en méthoxyle de la pectine d'écorce est 0.59 % et le pourcentage de l'acide galacturonique est de 4.17%. Quant au degré d'estérification, la valeur est supérieure à 80%.

La teneur en humidité semble élevée dans notre échantillon comparativement à la pectine étudiée par **Arioui, 2017** (11.52 %). L'humidité est un facteur très important pour la conservation de la pectine. Un faible pourcentage en humidité augmente les durées de stockage et inhibe la croissance des microorganismes qui affectent la qualité des pectines par production d'enzymes hydrolytiques à savoir (pectinases) (**Mohamadzadeh et al., 2010**).

Le taux en cendre de la pectine de l'écorce de citron est largement inférieur à celle trouvé par **Arioui, 2017**. D'après, **Ismail et al., 2012**, une faible teneur en cendre est favorable pour la formation d'un gel est plus favorable à chaque fois la teneur en cendre soit faibles. En plus, la limite maximale de la teneur en cendre pour une meilleure qualité des gels de pectine est de 10%.

Le poids équivalent de la pectine d'écorce de citron de notre étude est plus élevé que celle cités par de **Kanmani et al., 2014, et Arioui, 2017** (253.70, 620.03 respectivement). La valeur du poids équivalent de la pectine peut varier aussi selon la matière première et son degré de maturation. **Azad et al., 2014**) ont constaté que le poids équivalent de la pectine extraite de citron varie de 1175, 1632 et 368 pendant trois stades de maturation : avant maturation, maturation et après maturation, respectivement. Selon les mêmes auteurs, le stade de maturation a un effet significatif sur la valeur du poids équivalent.

Le poids équivalent de la pectine est aussi en fonction de la teneur totale en acide galacturonique libre (non estérifier) dans la chaîne de la molécule de pectine (**Rangama, 1977**). Selon **Rouse, 1977**, un degré d'estérification supérieur provoquent la diminution de la teneur en acide libre et induit par conséquent à une augmentation de la valeur du poids équivalent. La diminution du poids équivalent peut être due à une dégradation partielle de la pectine et dépend de la quantité d'acide libre (**Ramli et Asmawati, 2011**).



**Azad et al., 2014** ont montré que la teneur en méthoxyle de pectine de citron peut varier de 4.26% à 10.25% en fonction de l'état de maturation des fruits comparais à nos résultats qui apparaissent inférieurs. La teneur en méthoxyle de la pectine peut aussi varier selon l'espèce végétale : écorce de mangue 7.33%, banane (7.03%), écorce de pamplemousse (8.57 %) et citron (9.92%) (**Madhav et Pushpalatha, 2002**).

La teneur en méthoxyle et le degré d'estérification diffèrent également selon les conditions d'extraction (**Chan et Choo, 2013**). La teneur en méthoxyle est un facteur très important pour contrôler le temps et la capacité de formation des gels de pectine (**Constella et Lozano, 2003**).

Le pourcentage de l'acide galacturonique (AG) est un facteur très important qui renseigne sur la pureté de la pectine. Il est recommandé qu'il doit être supérieur à 65% (**Food Chemicals Codex, 1996**). Cependant, la teneur en acide galacturonique (AG) de la pectine objet de l'étude extraite d'écorce de citron est très faible, inférieure à 5%. Ces résultats indiquent que cette pectine n'est pas pure. Les mêmes résultats ont été trouvés par **Ismail et al., 2012 et Arioui, 2017**.

Le degré d'estérification (DE) et la distribution des groupes carboxyles libres sont deux facteurs importants de la gélification des pectines faiblement méthylées. Plus le DE est faible, plus l'affinité des chaînes pectiques aux ions de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) est grande donnant ainsi des gels plus rigides (**Willats et al., 2006**). Les pectines hautement méthylées ( $\text{DE} > 50\%$ ) forme un gel en présence de sucre à des concentrations supérieurs à 55 % (p/p) et dans un milieu acide (pH 2 – 3.5). Tandisque, les pectines faiblement méthylées ( $\text{DE} < 50\%$ ) nécessitent les ions de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) pour former un gel à pH varie de 2.0 – 7.0, en présence ou absence de sucre (**Liu et al., 2010**). La pectine de l'écorce de citron de notre étude présente un degré d'estérification supérieur à 80 %. Donc on peut la classer dans les pectines hautement méthylées. La pectine faiblement méthylée ( $\text{DE} < 50\%$ ) peut former un gel en présence d'ion bivalent, par exemple des ions de calcium et ceci en présence ou en absence de sucre (**Combo et al., 2011**)

## II.3. Analyses physico-chimiques de yaourt additionné de pectine

### II.3.1. pH

Les résultats du pH durant 21 jours ont été enregistrés sur les yaourts des quatre concentrations chaque 7 jour. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 5:** Evolution des pH des yaourts additionnés de pectine avec quatre concentrations

[% ] de pectine	0%	0.1%	0.3%	0.6%
<b>7 Jours</b>	4.24	4.21	4.16	4.08
<b>14 Jours</b>	4.29	4.30	4.20	4.16
<b>21 Jours</b>	4.27	4.29	4.11	4.152

Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas une diminution du pH au cours de la période de post- acidification. Les pHs varient de 4.24 à 4.27, 4.21 à 4.29, 4, 16 à 4.11 et 4.08 à 4.152 pour les quatre concentrations (0%, 0.1%, 0.3%, 0.6%) respectivement au 7ème, 14ème, et 21ème jour. une relation inversement proportionnelle s'est établie entre les valeurs du pH des yaourts et les doses de pectine additionné.

### II.3.2. Acidité de yaourt

Les résultats d'acidité de yaourt sont rapport dans le tableau suivant :

**Tableau 6 :** Evolution de l'acidité (°D)des yaourts additionnés de pectine avec quatre concentrations

[% ] de 0 % pectine	0.1 %	0.3 %	0.6 %
<b>7 J</b>	70	72	73
<b>14 J</b>	68	73	73
<b>21 J</b>	69	70	70

Durant la période de post-acidification, une diminution progressive de l'acidité a été enregistrée dans les yaourts avec les concentrations (0, 0.1%, 0.6%). Elle varie de 70 °D en début de conservation, à 69°D au 21ème jour pour le témoin. Alors que de 72 °D et 73 °D dans la 1<sup>er</sup> semaine de conservation, à 73 °D, pour atteindre 70°D après 21 ème jour de conservation à 4°C pour les concentrations 0.1 % et 0.6 % progressivement.

En plus, nous avons enregistrés, une augmentation de l'acidité proportionnellement aux taux de la pectine ajoutée.

### II.3.3. Taux d'humidité

Les résultats de la détermination de la quantité de l'eau dans le yaourt sont rapportés dans le tableau :

**Tableau 7:** Evolution des taux d'humidité des yaourts additionnés de pectine avec quatre concentrations

	<b>0%</b>	<b>0.1%</b>	<b>0.3%</b>	<b>0.6%</b>
<b>7 Jours</b>	13.9	13.8	13.6	14.0
<b>14 Jours</b>	14.60	14.62	13.62	15.79
<b>21 Jours</b>	14.42	14.24	13.10	16.13

Durant la période de stockage, le taux d'humidité augmente de la même manière ; avec des valeurs qui varient de 13.9%, 13.8%, 13.6% et 14 % au 14.42%, 14.24%, 13.10% et 16.13% pour les quatre concentrations (0%, 0.1%, 0.3%, 0.6 %) durant le 7<sup>ème</sup> au 21ème jour de post acidification.

### II.4. Analyses microbiologiques de yaourt additionné de pectine

L'analyse microbiologique a été effectuée dans le but de suivre la bonne conservation de yaourt durant 21jour par la recherche l'existence des germes contaminants. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 8:** Analyse microbiologique des yaourts additionnés de pectine avec quatre concentrations

	<b>Bactéries</b>	<b>0%</b>	<b>0.1%</b>	<b>0.3%</b>	<b>0.6%</b>
<b>7 Jours</b>	<b><i>Salmonella</i></b>	-	-	-	-
	<b><i>Staphylococcus</i></b>	-	-	-	-
	<b><i>Streptococcus</i></b>	-	-	-	-
<b>14 Jours</b>	<b><i>Salmonella</i></b>	-	-	-	-
	<b><i>Staphylococcus</i></b>	-	-	-	-
	<b><i>Streptococcus</i></b>	-	-	-	-
<b>21 Jours</b>	<b><i>Salmonella</i></b>	-	-	-	-
	<b><i>Staphylococcus</i></b>	-	-	-	-
	<b><i>Streptococcus</i></b>	-	-	-	-

Les résultats présentés montrent une absence totale des trois bactéries recherchées (*Salmonella*, *Staphylococcus* et *Streptococcus*) durant toute la phase de stockage (21 jours) et dans les quatre types yaourts fabriqués.

L'augmentation de l'acidité proportionnelle aux taux de la pectine ajoutée au cours de l'étude peut être justifiée par une production d'acide lactique due à une fermentation du lactose constitutif du lait par les microorganismes spécifiquesensemencés. Les teneurs de lactate paraissent d'autant plus important que le taux d'incorporation de la pectine soit élevé dans le milieu. Ceci suppose que la pectine agit en stimulant l'activité fermentaire des germes spécifiques du yaourt à l'origine d'une production intense de lactate dans le milieu (Luquet, 1990).

Par ailleurs, ces résultats reflètent la cohérence des valeurs de pH obtenues ; qui sont inversement proportionnelles d'une part à l'acidité, et d'autre part aux taux de pectine incorporés dans les laits fermentés.

La réduction de pH et l'augmentation de l'acidité lactique est due à la fermentation du lactose du lait par les deux souches spécifiques *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. **Sokolinska et al., 2004**, ont constaté que le pH des laits fermentés diminue au cours de la période de fermentation et de post-acidification de 6.7 à 4.11.

*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* vivent en symbiose et il existe une synergie entre les deux bactéries qui porte sur une stimulation mutuelle. Cette stimulation porte principalement sur la croissance, l'acidification et la production de composés aromatiques (**Kumar et Mishra, 2004, Loveday et al., 2013**).

L'objectif de la pasteurisation est de détruire les germes pathogènes et conserver la qualité de yaourt (**Jean-christian, 2001, Bardolle, 2002**). Les résultats de la présente étude ont permis de montrer l'absence totale des contaminations durant toute la période de conservations prouvés par analyse microbiologique.

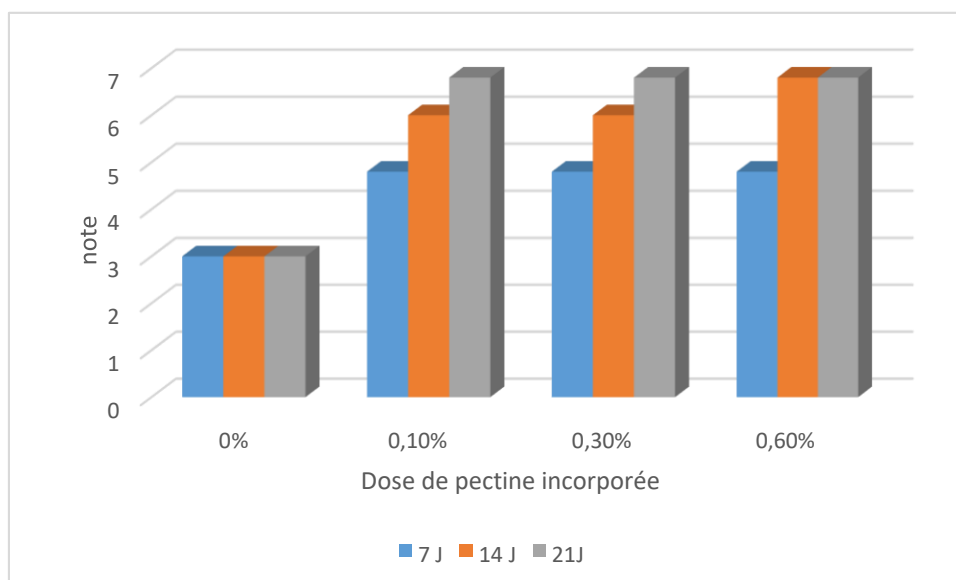
## **II.5. Analyses organoleptiques de yaourt additionné de pectine**

Les résultats obtenus sont issus des moyennes d'après un jury de dégustation sous l'échelle suivante :

- ✓ 1 à 3 : Mauvais ✓ 4 à 6 : Bon
- ✓ 7 à 8 : Très bon
- ✓ 9 à 10 : Excellent

### **II.5.1. Odeur**

Les résultats obtenus sont présentés dans la figure

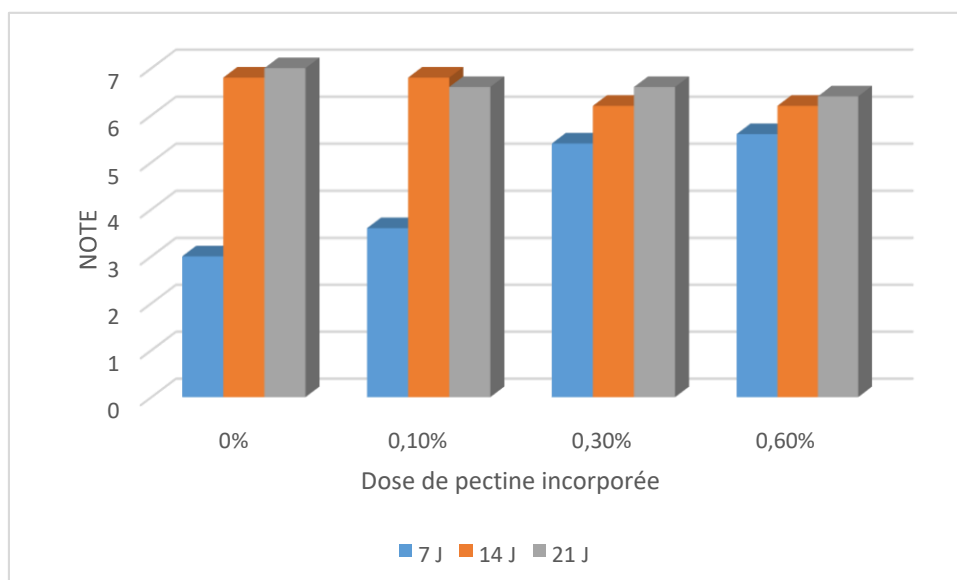


**Figure 23:** Evaluation sensorielle de l'odeur de yaourts additionnés de pectine au cours de la période de post-acidification.

Au cours de la période de post-acidification, les yaourts additionnés de pectine à (0, 0.1, 0.3 et 0.6%) présentent des valeurs qui s'améliorent dans l'odeur au cours de 21 jours de conservation d'après le jury de dégustation. Les résultats montrent que les yaourts additionnés de 0.1%, 0.3% et 0.6% de pectine présentent les meilleures valeurs d'odeur.

### II.5.2. Gout

Après 21 jours de conservation, les résultats sont résumés dans la figure

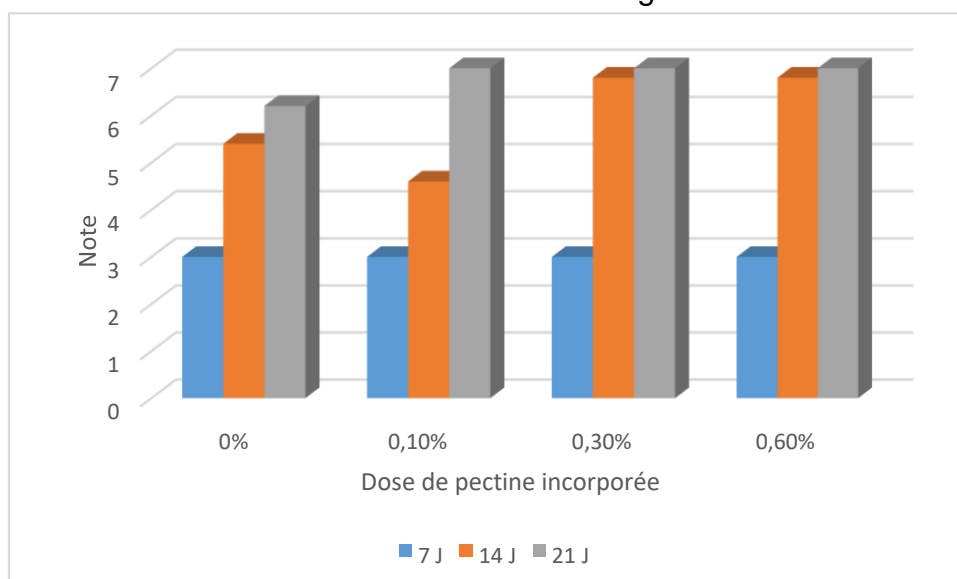


**Figure 24** : Evaluation sensorielle du goût de yaourts additionnés de pectine au cours de la période de post-acidification.

Durant toute la période de conservation au froid à 4°C, tous les échantillons ayant subi une incorporation de pectine à (0.1, 0.3, et 0.6%) ont présenté une amélioration dans le goût.

### II.5.3. Arrière-goût

Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure

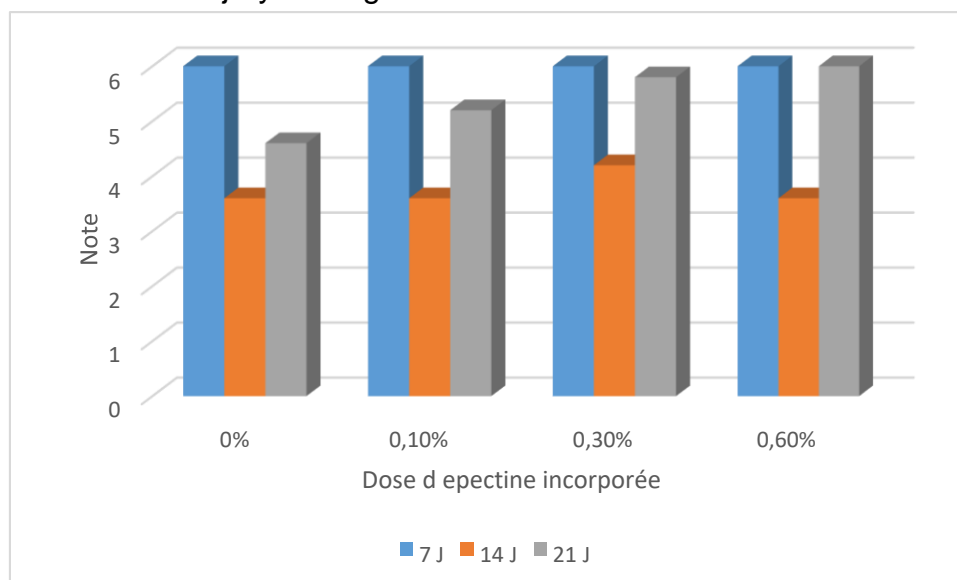


**Figure 25**: Evaluation sensorielle d'arrière-goût de yaourts additionnés de pectine au cours de la période de post-acidification.

Au cours de toute la période de post acidification, le jury de dégustation a conclu, que l'arrière-goût est d'autant plus prononcé que les taux d'incorporation de la pectine d'orange sont diminués.

## II.5.4. Texture

La notation de jury de dégustation concernant la texture est résumée dans figure



**Figure 26** : Evaluation sensorielle de la texture de yaourts additionnés de pectine au cours de la période de post-acidification.

Après 7 jours de la période de conservation les yaourts additionnés de différents pourcentages de pectine ont enregistré les meilleures notations dans la texture (bonne texture). Puis, la qualité de texture diminue au 14 jours, ensuite, elle augmente à nouveau.

La qualité organoleptique a été nettement améliorée avec l'augmentation du taux d'incorporation de la pectine dans les yaourts expérimentaux. En effet, aux doses sévères de pectine, les produits ont accusé un goût meilleur, un gel, et une texture plus fermes limitant même l'exsudation du lactosérum ; alors que l'arrière-goût des laits fermentés semble être plus prononcé.

Le gel formé est un mélange de pectine et de caséine, dont la force s'avère proportionnelle au taux d'additif incorporé (**Laurent et Boulenguer, 2003**). Ceci est confirmé par **Jensen et al., 2010** qui rapportent que l'augmentation de la concentration en pectine de 0.2 à 0.5% exerce une augmentation remarquable dans les propriétés



élastiques et visqueuses des gels de pectine. Dans le même contexte, les résultats de **Broomes et Badrie, 2010** montrent l'effet significatif de la pectine à produire un gel à texture plus ferme.

Selon, **Bottazzi et al., 1973** l'appréciation de la saveur et du goût des laits fermentés peut acquérir chez le consommateur une importance considérable au même titre que la consistance et l'onctuosité. Ces paramètres s'avèrent nettement améliorer d'une manière proportionnellement aux doses de pectine incorporées dans les produits. Apparemment, la pectine peut stimuler les bactéries spécifiques du yaourt à produire d'avantage d'acétaldéhyde (**Soukoulis et al., 2007**) responsable du goût caractéristique du yaourt.

L'amélioration de la texture, due à l'incorporation de la pectine, a eu pour effet une limitation apparente du phénomène de la synérèse des produits définie comme étant la séparation du lactosérum du caillé sans application d'une force externe (**Peng et al., 2009**) pendant la période de stockage (**Zare et al., 2011**). En effet, les pectines sont de hydrocolloïdes anioniques capables d'interagir avec les charges positives sur la surface des protéines (Caséines, protéines sériques), renforçant le réseau tridimensionnel et contrôlant ainsi la synérèse (**Soukoulis et al., 2007**).

## **Conclusion**

Aujourd'hui, les sous-produits des industries agro-alimentaires sont une problématique de pollution majeure ainsi que des pertes économiques élevés. La valorisation de ces coproduits est devenue une exigence actuelle et ceci pour des raisons économiques et pour un souci de protection de l'environnement.

En effet, les coproduits des écorces de citron constituent une matière première pour la fabrication de certains additifs alimentaires naturels. Ces additifs alimentaires sont caractérisés par des propriétés techno-fonctionnelles très intéressantes et recherchés ce qui les font des ingrédients importants dans les industries pharmaceutique, cosmétique, photographique et surtout les industries agroalimentaires tant les avantages sont importants dans la consommation courante (produit naturel).

Au terme de cette étude, dans un premier temps, nous avons séché l'écorce de citron et nous avons réalisé une série de préparations selon la méthodologie d'expériences de l'extraction de pectine. Les points importants qui ressortent que la pectine extraite présente des caractéristiques très intéressantes du point de vue rendement et propriétés physicochimiques

Dans un deuxième temps nous nous sommes concentrés sur l'application de la pectine sur le yaourt et contrôlé avec les analyses physicochimique, microbiologique et test organoleptique. Les yaourts additionnés de 0.6% de pectine ont enregistré les meilleures valeurs de cohésivité, adhésivité et goût. La pectine a nettement amélioré l'aptitude à la conservation limitant même l'exsudation de lactosérum.

En perspective, il serait intéressant :

De faire d'autres méthodes d'extraction de la pectine

---

De reconduire la même étude sur d'autres types de laits fermentés (yaourt brassé) et aussi d'autres types d'aliment De procéder à l'étude de d'autres additifs alimentaires naturels comme gélatine

*Conclusion*

Élargir le spectre d'étude afin de valoriser d'autres types de sous-produits des industries agroalimentaires.

# **Référence bibliographique**

# Références bibliographique

## A

- **Arioui F., 2017.** Effet de certains additifs alimentaires naturels (pectine, gélatine et protéines de lactosérum) sur les qualités des laits fermentés. Thèse de doctorat, université Abdelhamid IBN Badis– MOSTAGANEM
- **Amand Basiliç, 2021).** www.amandbasilica.com citron (citrus)
- **Azad A. K. M., Ali M. A., Akter M. S., Rahman M. J., Ahmed M., 2014.** Isolation and characterization of pectin extracted from lemon pomace during ripening. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2(2): 30-35.

## B

- **Badolle .** "Approvisionnement de la ville de Bobo-Dioulasso en produits laitiers issus du bassin périurbain par les collecteurs informels et circuits de commercialisation. Bobo-Dioulasso" : CIRDESIARA, (2002)39 p
- **Broomes J., Badrie N., 2010.** Effects of Low-Methoxyl Pectin on Physicochemical and Sensory Properties of Reduced- Calorie Sorrel/ Roselle (*Hibiscus sabdariffa*L.) Jams. *The Open Food Science Journal*, 4: 48-55
- **Broomes J., Badrie N., 2010.** Effects of Low-Methoxyl Pectin on Physicochemical and Sensory Properties of Reduced- Calorie Sorrel/ Roselle (*Hibiscus sabdariffa*L.) Jams. *The Open Food Science Journal*, 4: 48-55.
- **Bottazzi V., Battistotti B. et Montescani G., 1973.** Influence des souches seules et associées de *L. bulgaricus* et *Str. thermophilus* ainsi que des traitements du lait sur la production d'aldéhyde acétique dans le yaourt. *Mémoires Originaux, Le Lait*, N° 525526 (Mai-Juin) : 295 – 308

## C

- **Chan S.Y., Choo W.S., 2013.** Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. *Food chemistry*, 141: 3752-375

□

- **clara Goury\_Laffront** ,2021 [https://www.planet.fr/gastronomie-cuisine-commenthttps://www.planet.fr/gastronomie-cuisine-comment-faire-du-yaourt-maison.2380506.100634.html](https://www.planet.fr/gastronomie-cuisine-commenthttps://www.planet.fr/gastronomie-cuisine-comment-faire-du-yaourt-maison.2380506.100634.htmlfaire-du-yaourt-maison.2380506.100634.html)

**Chan S-Y.**, al. 2017. « Pectin as a Rheology Modifier: Origin, Structure, Commercial Production and Rheology ». *Carbohydrate Polymers* 161: 118-139..

- **Chen J., Liu W., Liu C-M., et al.** 2015. « Pectin Modifications: A Review ». *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55 (12): 1684-1698
- **Combo A. M. M., Aguedo M., Paquot M.,2011.**Les oligosaccharides pectiques: production et applications possibles. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* ,**15**(1) : 153- 164.
- **Constenla D., Lozano J. E., 2003.**Kinetic model of pectin demethylation. *Latin American AppliedResearch*, 33:91-96

## D

- **Debra Mohnen** Current Opinion in Plant Biology Pectin structure and biosynthesis 2008, 11:266–277 [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- **Del Caro A., Piga A., Vacca V. etAgabbio M. 2004.** Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. *Food Chemistry*.84 : 99-105
- **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
- **Del-Rio, J.A., 1997.** Uses and proprieties of Citrus flavonoides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45, 4505-4515.
- **Duan L, Guo L, Liu K, Liu EH, Li P.** Characterization and classification of seven citrus herbs by liquid chromatography-quadrupole time-of-flight mass spectrometry and genetic algorithm optimized support vector machines. *J Chromatogr A*. 2014 Apr 25;1339:118-27. doi: 10.1016/j.chroma.2014.02.091. Epub 2014 Mar 12. PMID: 24656543.

## E

- **Ensen S., Rolin C., Ipsen R., 2010.** Stabilization of acidified skimmed milk with HM-pectin. *Food Hydrocolloids*, 24: 291 – 299
- **Eric prédine Détente Jardin n°111 2015**  
<https://www.detentejardin.com/plantes/fruits/fruits-de-saison/fruits-en-hiver/le-citronhttps://www.detentejardin.com/plantes/fruits/fruits-de-saison/fruits-en-hiver/le-citron-prince-de-lhiver-5356prince-de-lhiver-5356>
- **Espirade E., 2002** Introduction à la transformation industrielle des fruits Ed Tec a Doc .

□

## F

- **Fishman M.L., Chau H.K., Hoagland P., Ayyad K., 2000.** Characterization of pectin, flash-extracted from orange albedo by microwave heating, under pressure. *Carbohydrate Research*, 323: 126- 138.  
**Fishman M. L., Chau H. K., Hoagland P., et al. 1999.** « Characterization of pectin, flash extracted from orange albedo by microwave heating, under pressure ». *Carbohydrate research*
- **Food Chemical Codex. 1996.** IV monographs. Washington DC: National Academy Press, pp : 283.

## G

- **Garcia-Diez F, Garcia Mediavilla V, Bayon JE, Gonzales-Gallego J.** Pectin feeding influences fecal bile acid excretion, hepatic bile acid and cholesterol synthesis and serum cholesterol in rats, 1996
- **Goycolea F.M & Cárdenas A.** Pectins from opuntia spp. Journal of the Professional Association for Cactus Development, 2003
- **Guillotin S.** Studies on the intra –and intermolecular distribution of substituents in commercial pectins, 2005.
- **Guo X., Han D, Xi H., Rao L., Liao X., Hu X., Wu J., 2012.** Extraction of pectin from navel orange peel assisted by ultra-high pressure, microwave or traditional heating: A comparison. *Carbohydrate polymers*, 88 : 441-448.

## H

- **Harir.mohamed.** Tp analyses physico\_chimique et microbiologique de yaourt, 2019\_2020

## I

- **Ismail N. S. M., Ramli N, Hani N. M., Meon Z., 2012.** Extraction and Characterization of Pectin from Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) using Various Extraction Conditions. *Sains Malaysiana*, 41(1): 41-45.

## J

- **J. N. BeMiller** Article The Whistler Center for Carbohydrate Research First published: 1986

□

Biosynthesis nutrition médicale .<https://doi.org/10.1002/star.19860380610>

## K

**Kanmani P., Dhivya E., Aravind J., Kumaresan K., 2014.** Extraction and Analysis of Pectin from Citrus Peels: Augmenting the Yield from *Citrus limon* Using Statistical Experimental Design. *Iranica Journal of Energy and Environment*, 5 (3): 303-312

- **Katalin Bélafi-Bakó** Hydrolysis of pectin by *Aspergillus niger* polygalacturonase in a membrane bioreactor January 2007 [Journal of Food Engineering](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.10.012) 78(2):438-442 :[10.1016/j.jfoodeng.2005.10.012](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.10.012)
- **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, 181 -185.
- **Kravtchenko, TP, AGJ Voragen et W. Pilnik,** "comparaison analytique des préparatifs Trois pectine industrielle", *Carbohydrate Polymers* 18, 17-25 (1992).
- **Kumar P., Mishra H.N., 2004.** Mango soy fortified set yoghurt: effect of stabilizer addition on physicochemical, sensory and textural properties. *Food chemistry*, 87: 501-507.

## L

- **Laurant M.A., Boulanguer P., 2003.** Stabilization mechanism of acid dairy drinks (ADD) induced by pectin. *Food Hydrocolloids*, 17: 445 –454
- **\_(Lecerf Jean Micheal , 2020)** particulière effet de yaourt Characteristics and benefits of yogurts. © 2020 Elsevier Masson SAS
- **Liu L., Cao J., Huang J., Cai Y., Yao J., 2010.** Extraction of pectins with different degrees of esterification from mulberry branch bark. *Bioresource Technology*, 101 : 3268–3273



□

- **Loveday S.M., Sarkar A., Sing H., 2013.** Innovative yoghurts: Novel processing technologies for improving acid milk gel texture. *Food Science and Technology*, 33: 5-20.
- **Luquet F.M.,1990.** Lait et produits laitiers : Vache – Brebis – Chèvre. *Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris.*

## M

- **M'B. JEAN-CHRISTIAN OYA, ;CECILE BROUTIN . ; PHILIPPE DUDEZ,** Le lait pasteurisé. Agridoc, Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques (GRET), (2001) 7pages
- **Madhav A, Pushpalatha P. B., 2002.** Characterization of pectin extracted from different fruit wastes. *Journal of Tropical Agriculture*, 40: 53-55.
- **Maran J.P., Sivakumar V., Thirugnanasambandham K, Sridhar R., 2013.** Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. *Carbohydrate polymers*, 97 (2): 703-709.
- **Manuel Barrera Social Support Research in Community Psychology** January 2000  
DOI:[10.1007/978-1-4615-4193-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4193-6_10)
- **Manfred et Micolie . Moll : Juin (1998).** « les additifs alimentaires et auxiliaires technologiques » pp 117-118.
- **Mesbahi G., Jamalian J., Farahnaky A., 2005.** A Comparative Study on Functional Properties of Beet and Citrus Pectins in Food Systems. *Food Hydrocolloids*, Vol.,19 (4): 731-738
- **Mohamadzaheh J., Sadeghi-mahoonak A.R., Yaghbani M., Aalami M., 2010.** Extraction of pectine from sunflower head residues of selected Iranian cultivars. *World Applied Sciences Journal*, 8 (1): 21-24.

## O

- **Okwn D.E., Em e nike , I.N. 2006.** Evaluation of p h ytonutrie ntsand vitam insconte nts of Citrus fruits. *International journal of Molecular Medicine and Advance Science* 1: 1-6.
- **O'Neill M, Albersheim P, Darvill A.** The pectic polysaccharides of primary cell walls, methods in plants biochemistry. Academic press London  
<https://www.semanticscholar.org/paper/The-Pectic-Polysaccharides-of-Primary-Cell-Walls-O%E2%80%99Neill-Albersheim/fb13431fa17e124d3c0822e7d49b5fa99e757d66>.

## P

- **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.

- **Perrone , 2002** Pectin from leaves of birch (*Betula pendula* Roth.): Results of NMR experiments and hypothesis of the RG-I structure [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- **Peng Y., Serra M., Horn D.S., Lucey J.A., 2009.** Effect of fortification with various types of milk protein on the rheological properties and permeability of nonfat set yogourt. *Journal of food Science*, 74 (9): C666 - C673.
- **Pelt .Jean \_Marie (2014).**Des fruits.
- **Pierre Bourlioux, Véronique Braescob,**  
Denis D.G. Materc,\*Yoghurts and other fermented milks [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)  
,Cahier de nutrition et diététique(2011)46,305\_314.Yaourt et autre laits fermentés.

## R

- **Ranganna S., 1977.** Manual of analysis of fruit and vegetable products. McGraw Hill, New Delhi.
- **RamliN ,Asmawati, 2011.** Effect of ammonium oxalate and acetic acid at several extraction time and pH on some physicochemical properties of pectin from **Ralet M.C., Bonin E, Thibault J.F. Pectins.** Biopolymers, Polysaccharides II, 2002
- . **Rees D.A, Polysaccharide gel.** A molecular view. Chemistry and Industry, 1972.
- **Ridley B.L, O'Neill M.A. & Mohnen D.** Pectins: structure, biosynthesis & oligalacturonides – related signaling. Phytochemistry, 2002. cocoa husks (*Theobroma cacao*). *African Journal of Food Science*, 5(15): 790-798.
- . **Rezzoug S.A., Maache-Rezzoug Z., Sannier F., Allaf K., 2008.** A thermo mechanical preprocessing for pectin extraction from peel. Optimization by response surface methodology. *International Journal of Food Engineering*, Vol 4 (1), Article 10.
- **Rouse A.H., 1977.** Pectin: distribution, significance. Dalam Nagy SP, Shaw E, Veldhuis MK (eds). Citrus Science and Technol. (1). TheAVIPublishingCompany Inc.

## S

- **Santos R. M., Fortes G. A. C., Ferri P. H.,Santos S. C. (2011).** Influence of foliar nutrients on phenol levels in leaves of *Eugenia uniflora*; Rev. Bras. Farmacogn. Braz. J. Pharmacogn; 21(4): 581-586
- **SEBAOUI Ouiza 2018** Modélisation et optimisation de l'extraction de la pectine à partir du zeste de citron et de son utilisation dans l'encapsulation des composés phénoliques des margines de l'industrie oléicole. Tizi ouezo.
- **Shohaib.T, Shafique M., Dhanya.N, Madhu.C.Divakar. (2011).** Importance of flavonoides in therapeutics; Hygeia Journal for Drugs and Medicines (.J.D.M); 3 (1): 1-18

- **Soukoulis C., Panagiotidis P., Koureli R., Tzia C., 2007.**Industrial Yogurt Manufacture: Monitoring of Fermentation Process and Improvement of Final Product Quality. *Journal of Dairy Science*, Vol. 90 (6): 2641–265
- **Sokolinska D.C., Mchalski M.M., Pikul J., 2004.** Role of the proportion of yoghurt bacterial strains in milk souring and the formation of curd qualitative characteristics. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 48 : 437- 441
- **Sodini I., Remeuf F., Haddad S., Corrieu G., 2004.** The relative effect of milk base starter and process on yoghurt texture: a review. *Food Science and Nutrition*, 44:113-137.

## T

- **.Tamime+et+Robinson.,+1999)**<https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=xKAu9IYnK2wC&oi=fnd&pg=PR5&dq=.+composition+de+lait&ots=Yi9hMfOZRw&sig=eIVCxcPVgJ9CjvJySHqNZmqg9L8>
- **Teuscher, E., Anton, R., Lobstein, A., 2005.** Plantes aromatiques. Ed. Tec et DocLavoisier, Paris. Pp: 60: 79.

## V

- **Valnet J. (2001).** La santé par les fruits, legumes et les cereals. Ed Vigot. Pp : 207-281•

## W

- **Watson C.F., Liansheng Z. & DellaPenna D., (1994).** Reduction of Tomato Polygalacturonase b Subunit Expression Affects Pectin Solubilization and Degradation
- **Wehrlé P. 2012.** « Pharmacie galénique: formulation et technologie pharmaceutique », Maloine, Paris, 360
- **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: 97–1044
- **Wong, D. (2008).** Enzymatic deconstruction of backbone structures of the ramified regions in pectins. *The Protein Journal*. 27 (1), 30 - 42

## Y





- **Yapo B.M & Koffi K.L.** Yellow passion fruit rind-a potential source of low – methoxyl pectin. *Science et Technologie des aliments*, 2006. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54, 2738-2744. <http://dx.doi.org/10.1021/jf052605q>

## **Z**

- **Zare F., Boye J.I., Orsat V., Champagne C., Simpson B.K.,2011.**Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. *Food Research International*, 44: 2482-2488.

# Annexes

**Tableau de matériel qui nous avons utilis dans notre étude pratique**

<b>Matériel</b>	<b>Figure de matériel</b>	<b>Utilisation</b>
<b>Bécher</b>		Remplissage des solution
<b>Balance</b>		Pour pesé la pectine et certain solution
<b>Éprouvette graduée</b>		pour mesurer des volumes des liquides comme éthanol eau distillé etc.
<b>Étuve</b>		Pour séchage de l'écorce de citron Pour séchage aussi la pectine

**Agitateur**



permet d'homogénéiser une solution

**Tube à essais**



Il sert à déplacer ou à contenir de petites quantités de pectine

**PH mètre**



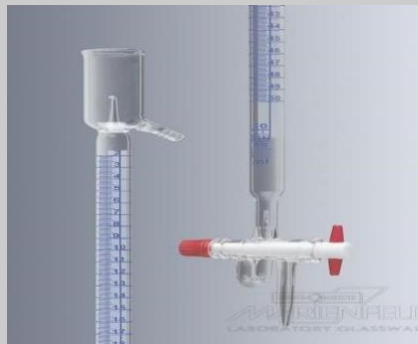
Pour mesuré le PH de produit

**Spatule**



permettant de prélever une quantité de poudre de pectine ou pour homogénéiser les solutions

**Burette gradué**



Pour titrage volumétrique NAOH Réaction chimique

Utilisé pour créé la zone de

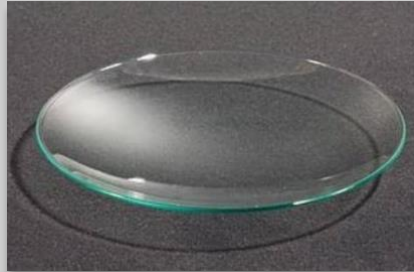


**Bec benzène**



stérilisation

**Verre de montre**



Utilisé pour mesuré la pectine

**Compteurs de colonie**



Le compteur de colonies est destiné à numériser le nombre de colonies bactériennes qui se seront développées après une période d'incubation sur une boîte de pétri

**Analyseur d'humidité**



Déterminer la quantité d'eau dans le yaourt

**Erlenmeyer**



Ses fonctions sont proches de celles du bécher

## Dégustation

Les résultats de la dégustation des 5 personnes pendant 21 jours (les avis des 5 personnes sur le yaourt).

**Tableau 1** : Le 1<sup>er</sup> tableau à une femme à l'âge de 45 ans elle dit que le yaourt a le même goût de petit suisse. Les résultats dans le tableau suivant (avis de personne).

Les jours	Quantité de pectine	Odeur	Gout	Arrière gout	Texture
<b>7 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	Très acide	Présent	fondu
	<b>0.1</b>	Bon odeur	Très acide	Présent	fondu
	<b>0.3</b>	Bon odeur	acide	Présent	Peu solide
	<b>0.6</b>	Bon odeur	acide	Présent	Peu solide
<b>14 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	Peu acide	Présent	Solide (cohérent)
	<b>0.1</b>	Bon odeur	Peu acide	Présent	Solide
	<b>0.3</b>	Bon odeur	Acide	Présent un peu	solide
	<b>0.6</b>	Bon odeur	Acide	Présent un peu	Solide
<b>21 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	Pas acide	Absent	solide
	<b>0.1</b>	Bon odeur	Pas acide	Absent	solide
	<b>0.3</b>	Bon odeur	Pas acide	Absent	solide
	<b>0.6</b>	Bon odeur	Pas acide	Absent	solide

**Tableau 02** : 2<sup>ème</sup> personne à l'âge de 45 ans même remarque que le yaourt à même gout de petit suisse .Les résultats dans le tableau suivant (avis de personne )

Les jours	Quantité de Odeur gout	Gout	Arrière	Texture pectine	
<b>7 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	Très acide	Présent	fondu
	<b>0.1</b>	Bon odeur	Très acide	Présent	fondu
	<b>0.3</b>	Bon odeur	acide	Présent	Fondu
	<b>0.6</b>	Bon odeur	acide	Présent	Peu solide
<b>14 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	Peu acide	Absent	Solide
	<b>0.1</b>	Bon odeur	Peu acide	Présent	Solide
	<b>0.3</b>	Bon	Acide	Absent	solide
	<b>0.6</b>	Très on	Acide	Absent	Bon
<b>21 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	Pas acide	Absent	Très bon
	<b>0.1</b>	Très bon	Peu acide	Absent	Très bon
	<b>0.3</b>	Très bon	Bn	Absent	Très bon
	<b>0.6</b>	Très on	Bon	Absent	Très bon

Tableau 3 : la personne à l'âge de 37 ans elle adore le goût de yaourt et elle remarque que le yaourt à même goût de petit suisse .Les résultats dans le tableau suivant ( avis de personne)

Les jours	Quantité de Odeur gout	Gout	Arrière	Texture pectine	
<b>7 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	Très acide	présent	Peu solide
	<b>0.1</b>	Pas odeur	Très acide	présent	Peu solide
	<b>0.3</b>	Pas odeur	Très acide	Présent	Peu solide
	<b>0.6</b>	Pas odeur	Très acide	Présent	Peu solide
<b>14 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	Peu acide	Absent	Solide
	<b>0.1</b>	Bon odeur	Bon	Absent	Solide
	<b>0.3</b>	Bon odeur	Très bon	Absent	solide
	<b>0.6</b>	Très bon	Bon	Absent	Solide
<b>21 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	Peu acide	Absent	Solide
	<b>0.1</b>	Très bon	Bon	Absent	bon
	<b>0.3</b>	Très bon	Très bon	Absent	bon
	<b>0.6</b>	Très bon	Bon	Absent	Trés bon

**Tableau 04** : Le 4<sup>ème</sup> tableau homme à l'âge de 37 ans il aime le yaourt et surtout son aspect.les résultats dans le tableau suivants (avis de personne).

Les jours	Quantité de Odeur gout	Gout	Arrière	Texture pectine	
<b>7 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	Très acide	Présent	fondu
	<b>0.1</b>	Bon odeur	Très acide	Présent	fondu
	<b>0.3</b>	Bon odeur	acide	Présent	Fondu
	<b>0.6</b>	Bon odeur	acide	Présent	Peu solide
<b>14 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	Peu acide	Absent	Solide
	<b>0.1</b>	Bon odeur	Peu acide	Présent	Solide
	<b>0.3</b>	Bon	Acide	Absent	solide
	<b>0.6</b>	Très on	Acide	Absent	Bon
<b>21 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	Pas acide	Absent	Très bon
	<b>0.1</b>	Très bon	Peu acide	Absent	Très bon
	<b>0.3</b>	Très bon	Bn	Absent	Très bon
	<b>0.6</b>	Très on	Bon	Absent	Très bon

Tableau 5 : Le 5<sup>ème</sup> tableau d'une femme a l'âge de 22 ans elle remarque que le yaourt à même gout de petit suisse . Les résultats dans le tableau suivant (avis de personne).

Les jours	Quantité de pectine	Odeur	Gout	Arrière gout	Texture
<b>7 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	Très acide	présent	Fondu
	<b>0.1</b>	Pas odeur	acide	présent	Fondu
	<b>0.3</b>	Pas odeur	acide	Présent	Fondu
	<b>0.6</b>	Pas odeur	Peu acide	Présent	Fondu
<b>14 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	acide	Présent	Peu solide (Cohérent)
	<b>0.1</b>	Bon odeur	Peu acide	Absent	Peu solide
	<b>0.3</b>	Bon odeur	Bon	Absent	Peu solide
	<b>0.6</b>	Très bon	Bon	Absent	Solide
<b>21 Jours</b>	<b>0</b>	Pas odeur	Peu acide	Présent	Solide
	<b>0.1</b>	Très bon	Bon	Absent	bon
	<b>0.3</b>	Très bon	Très bon	Absent	bon
	<b>0.6</b>	Très on	Très bon	Absent	Très bon