

---

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



**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT SCIENES ALIMENTAIRES**

**Mémoire en vue de l'obtention de Master  
Nutrition et diététique humaine  
Thème**

**L'effet structurel de l'ajout de pectine et de  
gélatine dans les produits laitiers et sa relation  
avec la durée de conservation**

**Présenté par: Ramdani Farida  
Adem Oussama**

**Devant le jury composé de:**

**Mme AYAD. A**

**Mme AIT CHAOUOCH. F**

**Mme METIDJI. H**

**M.C.B**

**M.C.B**

**M.C.B**

**USDB1**

**USDB1**

**USDB1**

**Présidente**

**Examinatrice**

**Promotrice**

**Année universitaire: 2020/2021**

---

# Remerciements

*Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH EL KARIM le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes les années d'études.*

*Nos sincères remerciements à Mme METEDJI pour la confiance, les conseils que vous nous avez accordés tout le long de ce travail. Merci pour votre encadrement, votre disponibilité et votre gentillesse Madame.*

*Nos remerciements vont également aux membres de jury pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

*On remercie Mme AYAD A de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance.*

*Nos gratitudes vont aussi à Mme AIT CHAOUOCH pour avoir accepté de juger et d'examiner ce travail.*

*Nos vifs remerciements s'adressent également à nos enseignants de l'université Saad Dahleb Blida.*

*A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail*

*Merci.*

---

# Dedicase

*Avant de commencer, je tiens d'abord à remercier le bon dieu pour m'accorder la patience et la sérénité pour la réalisation de ce travail.*

*Je dédie ce travail à mes très chers parents, que Dieu les gardes pour moi. Ils m'ont éclairé le chemin de la vie par leur grand soutien et leurs encouragements, par leurs dévouements exemplaires et les énormes sacrifices qu'ils m'ont consentis durant mes études et qui ont toujours aimé me voir réussir, qu'ils trouvent ici toute ma gratitude et mes sentiments les plus respectueux.*

*A mon grand-père*

*A mes frères : Yacine ,Mhamed , Kader.*

*A mes soeurs : Samia , Wassila , Sounia ,Mereim , Sabrina.*

*A mon Binôme : ADEM OUSSAMA.*

*A mes Amis : IMEN, et wafa , fayza , karima A toute l'équipe Nutrition et diététique humaine avec qui j'ai passé des moments inoubliables*

*A toutes les personnes qui m'ont fasciné par leur savoir, leur curiosité d'esprit et leur Influence.*

Je dédie ce travail à tous ceux qui ont voulu et nous ont aidés à aller aussi  
loin

---

## Sommaire

Résumé  
Abstract  
الملخص

### Liste des tableaux et figures

Introduction .....1

### Partie I: Additifs alimentaires

I. Définitions .....	4
II . Origine des additifs alimentaires .....	4
III .Différentes catégories des additifs alimentaires .....	5
IV. Justification de l'utilisation des additifs .....	9
V. Réglementation algérienne .....	10
VI. Risques des additifs alimentaires sur la santé.....	10
VII. Evaluation de la sécurité des additifs alimentaires .....	11
VIII. Limites maximales d'utilisation pour les additifs alimentaires .....	12

### Chapitre I: Pectine

I. Définition de la pectine .....	13
II. Localisation des pectines dans les plantes .....	13
III. Structure de pectine .....	14
IV. Composition .....	14
V. Propriétés physico-chimiques .....	15

### Chapitre II: Gelatine

I. Définition .....	18
II. Structure de la gélatine .....	18
III. Composition de gélatine .....	19
IV. Propriétés de la gelatine .....	20

### Partie II: Matériel et méthodes

I. Matériel .....	24
II. Méthodes.....	25
II.1. Protocole d'extraction de la gélatine .....	25
II.2. Protocole d'extraction de la pectine .....	26
II.3. Caractéristiques de la gélatine .....	26
II.4. Caractérisation de la pectine .....	28

---

<b>II.5. Procédé de fabrication des yaourts expérimentaux .....</b>	<b>30</b>
<b>II.6. Analyses microbiologiques .....</b>	<b>31</b>
<b>II.7. Test organoleptique .....</b>	<b>31</b>
<b>II.8. Traitement statistique .....</b>	<b>31</b>

### **Partie III: Résultats et discussion**

<b>I. Résultats de gélatine .....</b>	<b>33</b>
<b>II. Résultats de Pectine .....</b>	<b>39</b>
<b>III. Propriétés physicochimiques et microbiologiques des yaourts ajoutés de gélatine .....</b>	<b>43</b>
<b>IV. Propriétés physicochimiques et microbiologiques des laits fermentés additionnés de pectine .....</b>	<b>54</b>

<b>Conclusion .....</b>	<b>67</b>
-------------------------	-----------

<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>68</b>
--	-----------

---

## liste des figure

<b>Figure 1</b> Structure de pectine .....	14
<b>Figure 2</b> Structure chimique de base de la gélatine .....	18
<b>Figure 3</b> les valeurs de pH de Gelatin .....	35
<b>Figure 4</b> Résumé des travaux antérieurs .....	36
<b>Figure 5</b> Evolution moyenne de la viscosité (Pas) des laits fermentés additionnés de gélatine .....	47
<b>Figure 6</b> Evolution du nombre de <i>Streptococcus thermophilus</i> des yaourts additionnés de gélatine ..	48
<b>Figure 7</b> Evolution des teneurs moyennes en viscosité (Pas) des laits fermentés expérimentaux .....	58
<b>Figure 8</b> Variations du nombre de <i>Streptococcus thermophilus</i> des laits additionnés de la pectine ....	59
<b>Figure 9</b> Variations du nombre de <i>Lactobacillus bulgaricus</i> additionnés de la pectine .....	61

## liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> composition en acides aminés du collagène et de quatre gélatines différentes .....	19
<b>Tableau 2</b> matières premières .....	24
<b>Tableau 3</b> rendement de la gélatine extraite .....	33
<b>Tableau 4</b> teneur en cendres et humidité des gélatines .....	34
<b>Tableau 6</b> solubilité (mg) des gélatines à différents pH .....	37
<b>Tableau 7</b> propriétés rhéologiques de gélatine de poulet .....	37
<b>Tableau 8</b> propriétés de la gélatine des poissons .....	38
<b>Tableau 9</b> teneurs en cendres et humidité de la pectine d'écorce de <i>Citrus sinensis</i> et la pectine commerciale .....	40
<b>Tableau 10</b> caractéristiques de la pectine d'écorce de <i>Citrus sinensis</i> et la pectine commerciale .....	41
<b>Tableau 11</b> evolution du pH des yaourts additionnés de gélatine .....	43
<b>Tableau 12</b> evolution de l'acidité (°D) des laits fermentés additionnés de gélatine .....	45
<b>Tableau 13</b> evolution de l'acidité (sommes des rangs) des yaourts additionnés de gélatine .....	50
<b>Tableau 14</b> evolution de l'adhésivité (sommes des rangs) des yaourts additionnés de gélatine .....	51
<b>Tableau 15</b> evolution de la cohésivité (sommes des rangs) des yaourts additionnés de gélatine .....	52
<b>Tableau 16</b> evolution de l'odeur (sommes des rangs) des yaourts additionnés de gélatine .....	53
<b>Tableau 17</b> evolution des teneurs moyennes en pH des yaourts additionnés de pectine .....	55
<b>Tableau 18</b> evolution de l'acidité Dornic des yaourts additionnés de pectine .....	56
<b>Tableau 19</b> evaluation sensorielle du goût (sommes des rangs) des laits fermentés additionnés de pectine au cours de la période de post-acidification .....	62
<b>Tableau 20</b> evaluation sensorielle de la cohésivité (sommes de rangs) des laits fermentés additionnés de pectine au cours de la période de post-acidification .....	63
<b>Tableau 21</b> evaluation sensorielle de l'adhésivité (sommes de rangs) des laits fermentés additionnés de pectine au cours de la période de post-acidification .....	64

---

## Résumé

Cette étude a porté sur une comparaison entre l'extraction et la caractéristique de deux additifs alimentaires (pectine et la gélatine) de différentes origines (d'os de bovin, de poulet, de poisson et l'écorce d'orange) sur et leur application le yaourt et le lait fermenté. Le rendement de la gélatine de poisson est beaucoup plus élevé que celui de l'os de bovin et du poulet par une marge importante (différence de 15,5%), et également à signer qu'il y beaucoup de similitudes entre la gélatine commerciale et la gélatine d'os de bovin dans les propriétés chimiques, physiologiques et rhéologiques. Il est également intéressant de noter que la température de gélification des poissons d'eau chaude et des animaux à sang chaud est similaire. L'écorce d'orange de *Citrus sinensis* L semble être riche en pectine, il est également à constater que la pectine extraite de l'orange est mieux adaptée à la conservation des aliments en raison de sa faible humidité par rapport à la pectine commerciale.

*Streptococcus thermophilus* semble bénéficier de la gélatine, car il s'avère qu'elle peut diminuer le niveau de pH plus on en met pendant la période de fermentation du yaourt. En plus, la gélatine améliore à la fois l'adhésivité et la cohésion et diminue l'activité de l'eau. La pectine, comme la gélatine, a un effet similaire sur le lait fermenté, mais il est plus fort au début et son effet s'inverse après la première semaine. La viscosité est également similaire, mais elle conserve sa croissance pendant les 7ème, 14ème et 21ème jours de stockage du lait fermenté froid à 4°C. Il est très évident que *Lactobacillus* bénéficie de la pectine ajoutée. Le goût après la post-acidification est bon et pendant la phase de stockage, la pectine a montré qu'elle pouvait améliorer la cohésion et l'adhésivité plus on met de pectine, atteignant son maximum pendant les 21 jours.

Mots clés: Gélatine, Pectine, physico-chimique, rhéologique, microbiologique, lait fermenté, yaourt.

---

## Abstract

This humble study revolves around the characteristics and a little comparison of the extracted gelatin (Commercial/Natural) from bovine bone, chicken and fish and its effect on physicochemical and microbiological properties of yogurt as well as pectin's characteristics and its effect on fermented milk. We found that The yield of gelatin from fish is way higher than the bovine bone and chicken by a large margin (difference of 15.5%), we also have found a lot of similarities between the commercial gelatin and the bovine bone gelatin in chemical, physiological and rheological properties. It is also interesting to note, we found that the gelation temperature of warm water fish and warm blooded animals is similar. Pectin from *Citrus sinensis L* seemed to be rich in pectin from our results, it is also found that the pectin extracted from orange is better suited for preserving food due to its lower moisture compared to commercial pectin.

*Streptococcus thermophilus* seems to benefit from gelatin, as it turns out that it can decrease the level of pH the more we put during the fermentation period of yogurt. It is also noted that the gelatin enhances both of adhesiveness and cohesion and decreases the water activity. Pectin like gelatin has similar effect on fermented milk but it's stronger in the beginning and it inverse the effect after the first week while the viscosity is also similar but it retains its growth during the 7th, 14th and 21th days of storage of cold fermented milk at 4 ° C. It is very apparent that *Lactobacillus* is benefited from added pectin. Taste after the post acidification is good and During the storage phase pectin showed that it can enhance cohesiveness and adhesiveness the more pectin we put reaching its peak during the 21 day.

Key words: Gelatin, Pectin, fermented milk, yogurt, physicochemical, microbiological, rheological.



## الملخص

تتمحور هذه الدراسة المتواضعة حول خصائص ومقارنة للجيلاتين (التجاري/الطبيعي) المستخرج من عظم البقر والدجاج والأسماك ، وهي تأثيره على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لليوغورت فضلاً عن خصائص البيكتين وتأثيره على الحليب المخمر وكذا اجراء مقارنة بينهم. ولقد وجدنا أن عائد الجيلاتين من الأسماك أعلى كثيراً من عائد عظم البقري والدجاج بهامش كبير (% ) ، كما وجدنا الكثير من التشابه بين الجيلاتين التجاري والجلاتين من عظم البقر في الخصائص الكيميائية ، والفسبولوجية . 15.5) ومن المثير للاهتمام أيضا ملاحظة أننا وجدنا أن الحيوانات ذات الدم الدافئ و الاسماك التي تعيش في المياه الدافئة ان لها نسبة متشابهة من الجلاتين في جسمها .

يبدو ان برتقال غني بي البكتين و المستخرج من البرتقال هو أكثر ملاءمة للحفاظ على الغذاء نظرا لانخفاض الرطوبة مقارنة بالبيكتين التجاري

يبدو ان بكتريا الستريبتوكوكوس ثيراكوس يستفيد من وجود الجلاتين. كما اتضح ان بإمكان الجيلاتين تخفيض كمية الحموضة خلال فترة التخمر الخاصة بي اليوغرت. و يجدر بنا الذكر ايضا ان الجيلاتين يصططيع ان يحسن الاتساق و القوام و تقليل تفاعل الماء. البيكتين يملك نفي الخصائص تقريبا لكن الفرق بينه و بين الجيلاتين هو انه فعال و اقوى في بداية التخمر و انه يحدث عملية عكسية . مئوية4للتفاعله بعد الاسبوع الاول في عينات محفوظة في درجة حرار

يبدو ايضا ان بكتريا لاکتو باسيلوس تستفيد من وجو البيكتين هي الاخرى اذ لوحضة تحسن ملحوض في القوام و التماسك خلال عملية 21.التخمر في وجود البيكتين و العملية التحسن وصلت ذروتها في اليوم

الكلمات الرئيسية: الجيلاتين ، البيكتين ، الحليب المخمر ، اليوغرت ، الكيمياء الفيزيائية ، الميكروبيولوجيا

---

# Introduction

---

## Introduction

Historiquement, le sel est un des premiers additifs alimentaires qui a été utilisé dès l'antiquité pour la conservation des aliments. En Égypte, l'utilisation des épices et arômes servait à améliorer l'aspect de certains mets. Au début des années 60, un laboratoire coopératif français publia une première étude sur des « substances volontairement ajoutées aux aliments », **Matougui, 2011**. Se traduit par les additifs alimentaires qui sont les « substances non nutritives ajoutées intentionnellement aux aliments, le plus souvent en faible quantité pour en améliorer l'apparence, la saveur, la consistance ou la propriété de conservation ». Actuellement, plus de 300 additifs sont utilisés dans l'Union européenne, classés en une vingtaine de catégories selon leurs effets technologiques sur l'aliment **l'OMS et FAO, (1955)**.

L'alimentation qui joue un rôle vital dans l'organisme, cependant, les aliments peuvent contenir des additifs nocifs potentiellement toxiques que généralement l'humain ignore. Cette idée est due à une méconnaissance des effets, des conditions d'emploi, des structures et des réglementations qui régissent leurs utilisations pour une meilleure sécurité du consommateur (**Parent-Massin et De Saint, 2002**).

Aujourd'hui, de plus en plus d'ouvrages et de spécialistes de la santé dénoncent la toxicité d'un grand nombre d'additifs alimentaires, qui tout en étant autorisés, sont souvent dangereux pour notre santé. Un grand nombre de ces additifs sont chimiques et rajoutés intentionnellement par les industries agroalimentaires.

L'orientation vers l'utilisation des additifs alimentaire d'origine naturelle est de plus en plus demandée. Parmi ces additifs généralement employés sont la pectine et la gélatine, (**Sodini et al., 2004**). Dépendant de leurs propriétés fonctionnelles et leurs concentrations, ils peuvent gélifier ou accroître la viscosité du gel. La pectine est une macromolécule principalement extraite à partir de marcs de pommes et d'écorces d'agrumes douées des propriétés nutritionnelles et fonctionnelles, (**Mesbahi et al., 2005; Combo et al., 2011**). La gélatine a depuis longtemps attiré l'attention des chercheurs comme source de protéine, stabilisant et améliorant des propriétés rhéologiques des produits alimentaires. Son utilisation est

---

retrouvée aujourd'hui dans plusieurs domaines d'intérêts : industrie agro-alimentaires, pharmaceutiques, cosmétiques et photographiques (**Schirber et Gareis, 2007**).

Dans ce contexte, nous avons orienté notre travail dans le but d'étudier certains additifs alimentaires d'origine naturel à savoir la pectine et la gélatine à partir d'une comparaison des certains travaux récentes. Cette présente étude est divisée en 3 chapitres. Le premier chapitre concernant des généralités surs les additifs alimentaires, la pectine et la gélatine. Le second chapitre, un résumé sur le matériel et la méthodologie utilisé. Et enfin, chapitre III qui base sur les résultats et leur discussion.

---

# **Partie I**

# **Additif Alimentaire**

## I. Définition

Les additifs utilisés en alimentation peuvent être définis comme des substances chimiques pures d'origine naturelle ou synthétique, des préparations enzymatiques ou des micro-organismes qui sont ajoutés intentionnellement aux aliments en faible quantité pour modifier ou améliorer leurs propriétés technologiques, ou augmenter leur efficacité zootechnique (**Blain, 2002**).

- **Définition légale des additifs alimentaires dans le *codex alimentarius* :**

*« Par additif alimentaire, on entend toute substance qui n'est pas normalement consommée en tant que denrée alimentaire, ni utilisée normalement comme ingrédient caractéristique d'une denrée alimentaire, qu'elle ait ou non une valeur nutritive, et dont l'addition intentionnelle à une denrée alimentaire dans un but technologique (y compris organoleptique) à une étape quelconque de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement, du conditionnement, de l'emballage, du transport ou de l'entreposage de ladite denrée entraîne, ou peut, selon toute vraisemblance, entraîner (directement ou indirectement) son incorporation ou celle de ses dérivés dans cette denrée ou en affecter d'une autre façon les caractéristiques. Cette expression ne s'applique ni aux contaminants, ni aux substances ajoutées aux denrées alimentaires pour en préserver ou en améliorer les propriétés nutritionnelles »*  
(**Codex Alimentarius, 2016**)

## II. Origine des additifs alimentaires

Les additifs peuvent avoir trois origines différentes :

- Les additifs naturels: il s'agit de produits issus du monde minéral, végétal ou animal (**Immoune, 2015**).
- Les additifs synthétiques : ce sont des substances existant à l'état naturel qu'il est nécessaire, voir préférable de fabriquer pour des raisons de réduction des coûts liés aux traitements des substances naturelles. Les conditions de fabrication doivent être rigoureuses, car leur production exige parfois

---

l'utilisation de solvants néfastes pour la santé qui ne sont pas entièrement éliminés (**Apfelbaum et Romon, 2009**).

□ Les additifs artificiels : il s'agit d'additifs qui n'existent pas dans la nature et qui doivent être fabriqués (**De Reynal, 2009**).

### **III. Différentes catégories des additifs alimentaires**

Il existe actuellement cinq catégories d'additifs (subdivisées en plusieurs groupes fonctionnels) fixées par le règlement (CE) N° 1831/2003 (art 6):

□ *Additifs Technologiques*: toutes les substances ajoutées aux aliments pour faciliter la fabrication des aliments ou améliorer leur conservation.

□ *Additifs Sensoriels*: toutes les substances qui sont ajoutées en améliorent ou modifient les propriétés organoleptiques des aliments.

□ *Additifs Nutritionnels*: en font partie des vitamines, des oligo-éléments, des acides aminés, des urées et ses dérivés. Ces nutriments sont présents dans les ingrédients naturels mais leur apport dans l'aliment préparé n'est pas toujours suffisant pour satisfaire les besoins. C'est pourquoi la quantité manquante est ajoutée sous forme d'additifs.

□ *Additifs Zootechniques*: Regroupent les substances qui ont un intérêt pour le bien être de l'animal, l'efficacité de son système digestif ou pour l'environnement.

□ *Coccidiostatiques ou Histomonostatiques*

Le groupe fonctionnel de la catégorie : coccidiostatiques et histomonostatiques selon le règlement (CE) **1831/2003**.

Les coccidiostatiques et histomonostatiques, préviennent le développement des coccidioses. L'agent parasite, appelé coccidie, est un organisme présent dans l'environnement et dans le tube digestif de ces animaux quel que soit le mode d'élevage. Il détruit les cellules de l'intestin entraînant des troubles digestifs et des rejets au sol.

---

### **III.1. Additifs Technologiques**

#### **II.1.1. Conservateurs**

Les conservateurs, sont des substances qui assurent la conservation des aliments en les protégeant des altérations microbiologiques qui peuvent entraîner notamment le développement de toxines. Principalement composés d'acides organiques ou de sels d'acides organiques, ils opèrent une action antibactérienne (salmonelles) et antifongique dans l'alimentation de toutes les espèces animales. Ils servent donc non seulement à assurer la sécurité sanitaire mais aussi à garantir la stabilité organoleptique des aliments (UE, 2007).

#### **III.1.2. Antioxydants**

Les antioxydants sont des molécules qui aident à protéger et à préserver la qualité nutritionnelle des aliments contre les réactions d'oxydation qui accélèrent le vieillissement et le rancissement des produits renfermant des matières grasses ; notamment les acides gras insaturés et les vitamines. (exemple : B.H.T ; B.H.A ; Gallate de propyle et Ethoxyquine) (Elatyqy, 2011).

#### **III.1.3. Emulsifiants et stabilisants**

Les émulsifiants, sont des substances qui jouent un rôle fondamental dans la formulation des aliments et influent sur leurs caractéristiques physiques et organoleptiques. Ils sont indispensables dans les procédés de fabrication utilisant des matières grasses ou des huiles et de l'eau. Ils permettent de mélanger et de stabiliser plusieurs phases telles que l'huile et l'eau qui ne peuvent être mélangés qu'en leur présence (UE, 2007).

Les stabilisants, permettent aussi de maintenir l'état physicochimique de l'aliment auquel ils sont rajoutés (Synpa, 2014).



---

### **III.1.4. Epaississants et gélifiants**

Se sont des substances qui, ajoutées à un aliment, en augmentent la viscosité, lui confère de la consistance par la formation de gel (Synpa, 2014).

## **III.2. Additifs Sensoriels**

### **III.2.1. Colorants**

Les pigments caroténoïdes et xanthophylles, naturels ou de synthèse, sont utilisés dans les aliments destinés aux volailles en raison de leur influence sur la couleur du jaune d'œuf ou des pattes et de la peau des poulets. Ces pigments interviennent également dans la coloration des saumons et des truites. Leur rôle va au-delà de la couleur, certains caroténoïdes sont convertis en vitamine A indispensable à la vision ou au système immunitaire. Quelques autres colorants sont autorisés dans des conditions très restrictives (Drogoul, 2004; Synpa, 2014).

### **III.2.2. Substances aromatiques**

C'est des substances extraites du monde végétal ou synthétisées; qui, ajouté a un aliment pour animaux en augmentant l'odeur et la palatabilité.

### **III.2.3. Huiles essentielles**

Les huiles essentielles, sont extraites des végétaux, elles ont des propriétés antimicrobiennes et antiseptiques. Elles stimulent également l'appétit, les sécrétions digestives et améliorent la digestion (Drogoul, 2004).

---

### **III.3. Additifs Nutritionnels**

#### **III.3.1. Vitamines**

(provitamines et substances à effet analogue chimiquement bien définies)

Ces micronutriments sont des additifs nutritionnels essentiels à la vie. Ils jouent un rôle primordial dans les grandes fonctions de l'organisme. Compte-tenu de la variabilité des apports par les matières premières, une supplémentation en vitamines à chaque espèce et stade physiologique est nécessaire. Les nutritionnistes prennent en compte de plus en plus les bienfaits d'un apport optimal en vitamines pour la production d'aliments sains et nutritifs (Sympa, 2014).

#### **III.3.2. Composés d'oligo-éléments**

Les composés d'oligo-éléments sont au nombre de 8 (fer, zinc, sélénium, iode, cobalt, cuivre, manganèse et molybdène) et apportés en très faibles quantités, ces minéraux « trace » interviennent dans un grand nombre de processus vitaux (immunité, stress oxydatif, reproduction, ossification, ...) (Rollin, 2002, cité par Boussair, 2016).

### **III.4. Additifs Zootechniques**

#### **III.4.1. Additifs de croissance et prévention des maladies**

##### **III.4.1.1. Antibiotiques**

Un antimicrobien, est une substance d'origine naturelle fabriquée par des champignons, semi-synthétique ou synthétique qui, à faible concentration, tue ou inhibe la croissance de micro-organismes, mais n'affecte pas ou peu l'hôte, on parle alors d'effet bactéricide ou bactériostatique. Tous les antibiotiques sont bactériostatiques à faible dose et bactéricides à dose plus élevée. C'est l'écart entre leur concentration bactériostatique et bactéricide qui permet leur classification dans l'un ou l'autre des deux groupes (Jussiau et Papet, 2015).

---

Toute utilisation d'antibiotique engendre un effet de sélection des bactéries résistantes et crée une pression favorable à leur développement. Ces bactéries vont persister, se multiplier et devenir prépondérantes (**Trystram et al., 2012**)

### **III.4.1.2. probiotiques**

Le terme probiotique, dérive des deux mots grecs 'pro' et 'bios' et signifie littéralement « en faveur de la vie » par opposition au terme antibiotique signifiant «contre la vie ». Ce terme a été proposé par **Parker, 1974**, pour désigner les micro-organismes et substances microbiennes qui contribuent au maintien de l'équilibre de la microflore intestinale.

### **III.4.1.3. Enzymes**

Selon une étude de **Dierick et al., 2008**, ce sont des améliorateurs de la digestibilité de certains constituants (polyosides...)

### **III.4.1.4. Prébiotiques**

Ce sont des additifs alimentaires non digestibles qui exercent un effet bénéfique sur l'hôte en stimulant sélectivement la prolifération et/ou l'activité d'un nombre limité de souches bactériennes dans l'intestin, améliorant ainsi la santé de l'hôte. Les fructo-oligosaccharides provenant de l'hydrolyse de l'insuline en sont un exemple (**Nicolas, 2007, Megheni et Hamrani, 2017**).

## **IV. Justification de l'utilisation des additifs**

L'utilisation d'additifs alimentaires ne se justifie que si elle comporte un avantage, ne présente pas des risques appréciables pour la santé des consommateurs et remplit une ou plusieurs des fonctions technologiques tels que:

a) Introduire les ingrédients ou composants nécessaires dans des denrées alimentaires manufacturées destinées à certains groupes de consommateurs ayant des besoins diététiques particuliers;

- 
- c) Améliorer la conservation ou la stabilité d'un aliment ou ses propriétés organoleptiques, à condition de ne pas en altérer la nature, la substance ou la qualité de façon à tromper le consommateur;
- d) Servir d'adjuvant dans la fabrication, la transformation, la préparation, le traitement, l'emballage, le transport ou l'entreposage de l'aliment, à condition que l'additif ne soit pas utilisé pour masquer les effets de l'utilisation de matières premières de mauvaise qualité ou de méthodes ou techniques indésirables (y compris le manque d'hygiène) (OMS, 2018).

## V. Réglementation algérienne

La liste algérienne des additifs alimentaires, fixée par l'arrête interministérielle du **14 février 2002** paru au journal officiel algérien n°31, est plus restreinte par rapport à celle de la CEE ou du Codex. Elle ne contient que 13 catégories : les colorants, les conservateurs, les antioxygènes, les épaississants- gélifiants et émulsifiants, les acidifiants, les correcteurs d'acidité, les stabilisants, les antiagglomérants, les exhausteurs de goût, les agents d'enrobage, les sels de fonte, les poudres de lever et les édulcorants.

## VI. Risques des additifs alimentaires sur la santé

La plupart des additifs sont aujourd'hui considérés comme inoffensifs, d'autres sont plutôt douteux, voire même dangereux selon des rapports d'étude (Andre, 2013).

Les additifs sont présents dans une multitude d'aliments, principalement les aliments transformés, industrialisés. Mais on les retrouve également dans les viandes, les crustacés, les boissons. Il faut apprendre à lire les étiquettes, et ce n'est pas toujours simple. Règle générale, plus l'étiquette des ingrédients est longue, plus il y a des risques de retrouver des effets indésirables, mais attention, ils peuvent être présents même dans un aliment contenant très peu d'ingrédients.

---

## VII. Evaluation de la sécurité des additifs alimentaires

Tous les additifs alimentaire ne doivent pas seulement démontrer un but utile, mais ilsdoivent aussi répondre à une évaluation scientifique approfondie et rigoureuse de leur sécuritéavant d'être approuvés (**Directive 94/36/EC, 1994**). Au niveau international, il existe le ComitéConjoint d'Expert sur les Additifs alimentaires (**JECFA**), l'Organisation des Nations Unies pourl'alimentation et l'agriculture (**FAO**) et de l'Organisation Mondiale de la Santé (**OMS**).

Les évaluations reposent sur l'examen de toutes les données toxicologiques disponibles,incluant des observations chez l'homme et dans des modèles animaux, à partir de ces données,une dose maximale n'ayant aucun effet toxique démontrable est déterminée, c'est la "dose sanseffet" (DSE), utilisée pour calculer la " dose journalière admissible " (DJA) pour chaque additifalimentaire. **Dose journalière admissible (DJA)**

La Dose Journalière Admissible (DJA) est une estimation de la quantité d'un additifalimentaire, exprimée sur la base du poids corporel, qui peut être ingérée quotidiennement toutela vie sans risque appréciable pour la santé(**Directive 94/2/EC, 1995**). Ce dernier terme signifie dans la pratique, qu'austade actuel des connaissances, aucun n'effet toxique ne peut être attribué à l'additifs concernépour ce niveau d'exposition. On exprime généralement la DJA en mg/kg/j (**Directive 21/11/ EC, 2005**).

### VII.1. Evaluation de la consommation des additifs alimentaires

La DJA est comparée avec des évaluations de consommation "moyennes" et "extrêmes"dans la population générale et dans des sous-groupes particuliers de la population. Si lesconsommations moyennes et extrêmes demeurent sous la DJA, il est peu probable que les effetsnocifs pour la santé soient observés. Afin de garantir que les consommateurs n'excèdent pas laDJA en consommant trop d'un aliment contenant un additif particulier, la législation européenne exige que des études de consommation soient effectuées régulièrement pour évaluer quels sont les différents modèles alimentaires (**Saltmarsh, 2000**).

---

## **VII.2. Denrées alimentaires dans lesquelles des additifs alimentaires peuvent être utilisés**

L'utilisation d'additifs dans les aliments faisant l'objet d'une norme Codex est soumise au respect des conditions d'utilisation établies par les normes Codex relatives à des produits. La Norme générale pour les additifs alimentaires (NGAA) devrait être la seule référence faisant foi pour les additifs alimentaires. Les renseignements fournis par les Comités de produit peuvent également être pris en considération par le Comité du Codex sur les additifs alimentaires (CCFA), lors de l'examen des dispositions relatives aux additifs alimentaires, pour des aliments similaires ne faisant pas l'objet d'une norme. Lorsqu'une denrée alimentaire ne relève pas d'un Comité de produit, il incombe au CCFA d'évaluer les besoins technologiques (OMS, 2018).

## **VII.3. Denrées alimentaires dans lesquelles des additifs alimentaires ne peuvent pas être utilisés**

Les catégories d'aliments ou les aliments individuels pour lesquels l'emploi d'additifs alimentaires n'est pas acceptable ou pour lesquels l'emploi devrait être limité sont définis dans la présente norme (OMS, 2018).

## **VIII. Limites maximales d'utilisation pour les additifs alimentaires**

L'établissement de limites maximales pour les additifs alimentaires dans les différents groupes d'aliments vise essentiellement à garantir que la quantité d'additifs ingérés, toutes sources confondues, ne dépasse pas la dose journalière admissible (DJA). Les additifs alimentaires visés par la présente norme et les limites maximales correspondantes sont fondés en partie sur les dispositions relatives aux additifs alimentaires de normes Codex de produits établies antérieurement ou sur les résultats d'une analyse effectuée à la demande des gouvernements visant à vérifier qu'une limite maximale d'utilisation proposée est compatible avec la DJA (OMS, 2018).

---

## Chapitre I: Pectine

### I. Définition de la pectine

La pectine est un composant des parois cellulaires de nombreux fruits et légumes. Il est produit principalement à partir des restes de jus dans le processus de fabrication. Dans les applications de confiserie, c'est le troisième gélifiant le plus utilisé après l'amidon et la gélatine. La pectine a également une fonction colloïdale protectrice, augmente la viscosité et possède d'excellentes propriétés dans la libération d'arôme (**Schrieber et Gareis, 2007**).

La pectine commerciale est largement utilisée comme agent gélifiant, épaississant, stabilisant et émulsifiant dans divers produits alimentaires tels que les confitures, les boissons lactées acides, glaces ou vinaigrettes, et il est bien entendu que la fine structure de la pectine affecte profondément sa fonctionnalité et applicabilité (**Willats et al., 2006**).

Actuellement, il est largement admis que la pectine est une macromolécule hétérogène composée de domaines la quantité relative et la structure varient selon les origines botaniques, les organes et les types cellulaires identifiés, les stades de développement cellulaire et l'emplacement précis dans la paroi cellulaire (**Voragen et al., 2009**).

### II. Localisation des pectines dans les plantes

La localisation variée selon les espèces végétales. Les pectines sont profondément conservées des algues chlorophycées et plantes aux angiospermes (**Popper et Fry, 2003**).

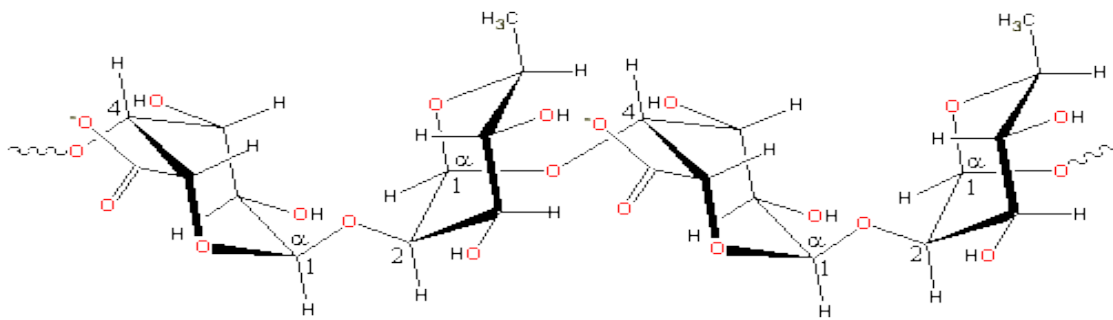
Les pectines présentent des motifs dynamiques dans les parois pendant la croissance cellulaire, **Haas et al., 2020**. Ainsi que, le marquage d'impulsion putatif de RG-I montre également une réorientation d'un motif diffus vers un motif fibrillaire avec un allongement cellulaire (**Anderson et al., 2012**).

Les pectines sont enrichies dans la lamelle médiane qui se trouve entre les parois cellulaires des cellules adjacentes, (**Daher et Braybrook, 2015**). En plus, dans les parois cellulaires du bois, les pectines sont irrégulièrement localisées dans la lamelle moyenne, ce qui correspond à l'emplacement où la lignine apparaît pour la première fois au cours du développement secondaire du xylème (**Wi et al., 2005**).

Par conséquent, les fruits sont des sources majeures de pectines extractibles. De plus, les pectines sont le composant dominant du mucilage, où se compose principalement de RG-I (**Francoz et al., 2015**).

### III. Structure de pectine

Ce sont des substances exclusivement d'origines végétale, **Ridley et al., 2001**. Il s'agit de polysaccharides constitués d'une chaîne principale d'acide galacturonique et de chaîne secondaire branchée (Figure). La chaîne principale est constituée d'acide D-galacturonique (D-Gal A) reliées par des liens glycosidiques  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4). Régulièrement entre ces monomères s'installent des molécules de rhamnose par des liaisons  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 2) (**Wicker et al., 2014**).



**Figure 1: Structure de pectine (Tilly, 2010)**

### IV. Composition

Les pectines contiennent en majorité (au moins 65 % en poids) des unités d'acide galacturonique. Le groupe acide peut être libre (ou sous forme d'un simple sel avec du sodium, du potassium, du calcium ou de l'ammonium) ou naturellement estérifié avec du méthanol. Cependant, les pectines sont dérivées de la dégradation de protopectines, des structures plus complexes, qui sont présentes dans le tissu végétal



---

(lamelle moyenne), et contiennent également une gamme de sucres neutres, y compris le rhamnose dans la chaîne principale, le galactose, l'arabinose et des quantités moindres d'autres sucres comme chaînes latérales de sucre neutres liées au rhamnose (**Endreû et al., 2009**).

Les régions de la molécule de pectine qui contiennent en grande partie des unités d'acide galacturonique sont constituées d'un mélange d'ester méthylique, d'acide libre et de sels dérivés du groupe carboxyle de l'acide (**Christensen et Kelco, 2009**).

## **V. Propriétés physico-chimiques**

### ***V.1. Solubilité et précipitation***

La solubilité de la pectine est conditionnée par un certain nombre de facteurs : température, masse moléculaire, vitesse de ramification, degré d'estérification méthylique et distribution des groupes ester méthylique. La pectine est soluble dans l'eau, formant une solution colloïdale opalescente et insoluble dans l'éthanol. Ainsi, une pectine sera d'autant plus soluble que sa masse moléculaire est faible, que sa structure est fortement ramifiée et que ces fonctions carboxyliques sont impliquées dans une estérification au méthanol (**Thibault et al., 1991**).

### **V.2. Stabilité et dégradation**

La dépolymérisation (hydrolyse ou -élimination) peut se produire dans des conditions données de pH et de température, d'autre part, des réactions de désestérification peut se produire à une température inférieure à 10°C. Tandis que la désestérification prédomine à des températures plus élevées. La dépolymérisation s'effectue plus rapidement et peut conduire à une dégradation totale de la pectine. Les pectines en milieu acide sont stables (**Morris et al., 2002**).

---

### V.3. Viscosité

La viscosité intrinsèque des pectines est influencée par la MS (liée à la masse molaire). Le pouvoir épaississant des pectines peut être évalué grâce à leur viscosité intrinsèque qui reflète le volume hydrodynamique occupé par le polymère (Yoo *et al.*, 2006).

Le pouvoir épaississant dépend également des conditions extrinsèques (température, nature du solvant, pH) (Hotchkiss *et al.*, 2002; Mesbahi *et al.*, 2005).

### V.4. Émulsification

La plupart des polysaccharides ne sont pas considérés comme des émulsifiants. Cependant, les pectines peuvent être utilisées comme agents émulsifiants à condition qu'elles réduisent leurs interactions avec les ions divalents. Le rôle d'un agent émulsionnant est de réduire la tension interfaciale d'une émulsion (eau dans huile, huile dans eau...) pour lui permettre de se diviser en fines gouttelettes et d'être stable (Akhtar *et al.*, 2002).

Le pouvoir émulsifiant des pectines est influencé par les caractéristiques structurales des pectines et les conditions extrinsèques, notamment la concentration en polymère et le pH de la solution (Nguemazong *et al.*, 2015).

### V.5. Gélification

Les pectines sont capables de former des gels par différents mécanismes, quel que soit leur degré de méthylation. Les pectines faiblement méthylées (LM) sont capables de se lier fortement aux ions divalents tels que le calcium. Pour les pectines amidées LM, la cinétique de gélification est proche de celle des pectines LM classiques, cependant, la présence de groupements amides permet la gélification des pectines LM à pH acide inférieur à 3. Dans le cas des pectines HM, le degré d'estérification (DE) conditionne la rapidité de prise du gel, plus elle est élevée, plus la formation du gel est rapide. (Capel *et al.*, 2006).

## **VI. Utilisation dans l'industrie alimentaire**

L'utilisation de la gélatine est marquée dans de nombreux produits alimentaires mais pratiquement limités aux industries des gelées, glaces, confiseries, biscuits et gâteaux (**Schrieber et Gareis, 2007**).

La gélatine peut être d'origine animal à partir des sources comme peaux de bovins, os de bovins et, moins fréquemment, peaux de poisson et de volaille (autrement nommée Hael) ou d'autres sources tels que la peau de porc. Il est important de noter qu'ils n'indiquent pas toujours la source de gélatine (**Chaudry, 1994; Cheng et al., 2012; Hermanto et Fatimah, 2013; Jaswir et al., 2009**).

Les consommateurs des pays musulmans évitent normalement les produits contenant de la gélatine à moins qu'ils ne soient certifiés halal (**Hermanto et Fatimah, 2013; Widyaninggar et al., 2012**).

## Chapitre II: Gelatine

### I. Définition de gelatine

La gélatine est une substance protéique pure. Elle est obtenue généralement par hydrolyse acide partielle (type A) ou hydrolyse alcaline partielle (type B) des fibres du collagène, (Ward, 1977). Comme elle peut être constituée par un mélange des deux types, (Le Hir, 2001). La gélatine peut couvrir une gamme de produits possédant des propriétés différentes.

### II. Structure de la gélatine

La structure primaire de la gélatine ressemble à celle du collagène, (Badii et Howell, 2006). L'analyse de la variation de la composition en acides aminées des gélatines en fonction du prétraitement montre d'une manière générale, que le prétraitement acide modifie peu la composition en acide aminée de la gélatine par rapport au collagène dont elle dérive et que le prétraitement alcalin transforme les résidus asparagine et glutamine en acide aspartique et glutamique (Schirber et Gareis, 2007).

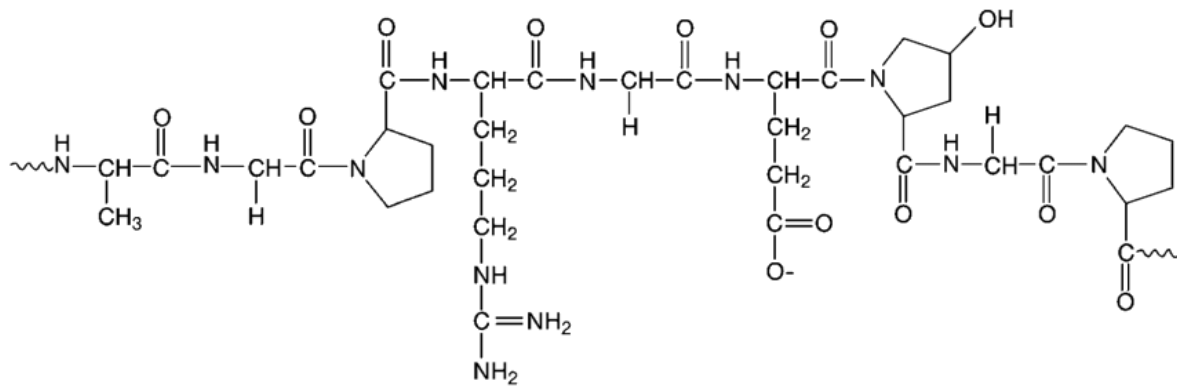


Figure 2: Structure chimique de base de la gélatine (Amiji et al., 2007).

### III. Composition de Gélatine

La gélatine est construite par la protéine ; environ 85 à 92 % pour être précis et le reste du contenu est constitué d'humidité et de sels. La gélatine est produite par l'hydrolyse partielle du collagène natif. Contrairement aux protéines globulaires sphériques, le collagène est composé de structures linéaires ressemblant à des fibres (Schrieber et Gareis, 2007).

**Tableau 1:** Composition en acides aminés du collagène et de quatre gélatines différentes  $\pm$  résidus d'acides aminés pour 1000 résidus (Babel et al., 2000).

Acide aminé	Type I collagène (bovine)	Gélatine de type A	Gélatine de type B	Gélatine de poisson d'eau froide	Gélatine de poisson d'eau tiède
Alanine	114	112	117	112	123
Arginine	51	49	48	49	47
Asparagine	16	16	46	48	48
L'acide aspartique	29	29	46	48	48
Glutamine	48	48	72	72	69
Acide glutamique	25	25	72	72	69
Glycine	332	330	335	347	347
Histidine	4	4	4	11	6
4- Hydroxyproline	104	91	93	60	79
Hydroxylysine	5	6	4	5	8
Isoleucine	11	10	11	11	8
Leucine	24	24	24	21	23
Lysine	28	27	28	28	25
Méthionine	6	4	4	3	9
Phénylalanine	13	14	14	13	13
Proline	115	132	124	96	119
Sérine	35	35	33	63	35
thréonine	17	18	18	24	24
Tyrosine	4	3	1	9	2
Valine	22	26	22	18	15

## **IV. Propriétés de la gélatine**

La gélatine peut former un gel au contact de l'eau. Pour cette raison, la gélatine est un hydrocolloïde. Les hydrocolloïdes sont utilisés dans l'industrie alimentaire, non pas tant pour leur valeur nutritionnelle mais plus pour leur multifonctionnalité. Cependant, un seul hydrocolloïde est incapable de remplir toutes les fonctions recherchées ou connues ; la gélatine ne fait pas exception; mais, en comparaison avec d'autres hydrocolloïdes, il est beaucoup plus multifonctionnel. Cela signifie que l'utilisateur peut souvent utiliser de nombreuses autres fonctions auxiliaires en plus de sa fonction principale (**Schrieber et Gareis, 2007**).

**Les propriétés les plus importantes de la gélatine sont:**

### **IV.1. Formation de gel, viscosité et texture**

La formation de gel, la viscosité et la texture sont déterminées par la structure, la taille moléculaire et la température du système. La propriété fonctionnelle la plus notable de la gélatine est sa capacité à former une structure de gel et c'est principalement pour cette raison qu'elle est utilisée dans l'industrie alimentaire. De nombreux autres hydrocolloïdes tels que les alginates, les carganènes ou les pectines se gélifient également. Cependant, cela se fait par une réaction chimique qui peut être irréversible ou réversible dans une mesure limitée seulement (**Schrieber et Gareis, 2007**).

Divers aliments, comme les soupes et les sauces, contiennent généralement des agents viscosants/épaississants ajoutés, comme la gélatine, qui peut générer des solutions visqueuses lorsqu'elle est dissoute dans l'eau (structure de gel), même à faible concentration. Le niveau de viscosité dépend de propriétés telles que la taille et la forme du polymère ainsi que le niveau d'hydratation et la gamme d'interactions intermoléculaires. La viscosité augmente généralement avec l'augmentation de la masse moléculaire. La gélatine est largement utilisée dans l'industrie alimentaire comme agent de fixation. En raison de sa composition déséquilibrée en acides aminés, elle est considérée comme une source nutritionnelle pauvre (**Walsh, 2014**).

## IV.2. Propriétés d'adhérence

La cohésion est due à l'interaction entre les molécules d'une substance; l'adhésion, en pareil mais légèrement différent, est l'interaction entre les molécules des différents composants; le pouvoir de liaison entre les particules est utilisé par la solution de gélatine (**Schrieber et Gareis, 2007**).

Lorsque l'on laisse la température baisser à 35-40°C, certains des polypeptides de collagène individuels commencent à interagir les uns avec les autres, formant de courts segments de triple hélice (adhésion). Ces zones de jonction réticulent efficacement les polypeptides de gélatine en une structure lattique tridimensionnelle, formant ainsi le gel (cohésion). Le réchauffage à des températures supérieures à 40°C inverse ces interactions, ce qui donne à nouveau un produit fondu. Une solution de gélatine peut passer par de nombreux cycles de fusion et de solidification sans être endommagée (**Walsh 2014**).

## IV.3. pH

Il est généralement inclus dans le certificat d'analyse, car il a une influence considérable sur la formation de la mousse et l'interaction de la gélatine avec les autres composants d'une formulation particulière. La mesure du pH est généralement effectuée sur une solution de gélatine à 6,67% à 55 ou 60°C à l'aide d'une électrode en verre (**Schrieber et Gareis, 2007**).

Le traitement des matières premières détermine la valeur du pH de la gélatine (**Surh et al., 2006; Gómez-Guillén et al., 2011**).

Les applications qui nécessitent un faible pH auquel la gélatine serait propice à la formation d'un réseau de gel conviennent aux gélatines de type A en raison de son pH élevé, par exemple, tandis que les applications qui nécessitent un pH élevé auquel la gélatine forme un gel conviennent aux gélatines de type B en raison de leur faible pH (**Boran et Regenstein, 2010**).

#### **IV.4. Teneur en eau**

La gélatine peut absorber ou libérer de l'humidité en fonction de l'humidité de l'air ambiant. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser un emballage étanche à la vapeur d'eau. Si la teneur en eau dépasse 16%, il y a un risque de développement microbologique (**Schrieber et Gareis, 2007**).

Puisque 15% est le pourcentage d'humidité recommandé pour la gélatine, **GME, 2005**.

Les produits alimentaires doivent respecter cette valeur. A titre d'exemple, la teneur en eau de la gélatine extraite d'un os de bovin est de 7,87%. Par ailleurs, l'humidité de la gélatine extraite de la peau de calmar varie de 8,6 à 11%. Ces deux produits se situent sous le pourcentage d'humidité recommandé, ce qui permet de les utiliser en toute sécurité (**Jeya Shakila et al., 2012**).



---

# **Partie II**

## **Materiel et Méthodes**

**Objectif:**

Les parties matériel et méthodes ainsi que résultats et discussion sont tirés des travaux précédents qui ont fait l'objet d'étudier la pectine et la gélatine à intérêt alimentaire, les travaux sont:

**Arioui , 2017.** These de Doctorat, Effet de certains additifs alimentaires naturels (pectine, gélatines et protéines de lactosérum) sur les qualités des laits fermentés,

**Aykin Dinçer et al., 2017.** Extraction and physicochemical characterization of broiler (*Gallus gallusdomesticus*) skin gelatin compared to commercial bovine gelatin,

**Ratnasari et al., 2013.** Extraction and characterization of gelatin from different fresh water fishes as alternative sources of gelatin

**I. Matériel****I.1. Matières premières:****Tableau 2:** Matières premières

<b>Auteurs</b>	<b>Matière première</b>	<b>Origine</b>	<b>Traitement</b>
<b>Arioui , 2017</b>	os de bovins (la gélatine)	boucheries de la wilaya de Mostaganem	Les os de bovin sont lavés puis coupés en petits morceaux. Ces derniers ont subi un traitement de dégraissage dans l'eau chaude puis conservés à -20°C jusqu'à leurs utilisations
	l'écorce d'orange de la variété <i>Citrus sinensis</i> L	la région de Chlef au mois de Décembre 2014	Les peaux ont été séparées de l'endocarpe, elle représente 28 % en masse par rapport au fruit. Ces peaux sont séchées à 50°C dans une étuve puis placées dans des sacs hermétiques jusqu'à leur utilisation ultérieure
<b>Aykin Dinçer et al., 2017</b>	les peaux de poulets	ferme avicole locale	tous les résidus de viande ont été enlevés avant que les peaux ont été soigneusement lavés à l'eau froide. Après,

			des échantillons de peau ont été coupés en petits morceaux ( $\approx 2 \times 2$ cm) au couteau et lyophilisé. Ensuite, la graisse a été enlevée par la méthode Soxhlet.
<b>Ratnasari et al., 2013</b>	-Poisson chat -Poisson-chat à queue rouge d'Asie -Poisson à Tête de serpent rayée -Tilapia du Nil	obtenu auprès de vendeurs locaux à Indonésie	la peau a été retirée manuellement et le nettoyage. La peau a été lavée à l'eau du robinet et a été emballée dans des sacs en plastique de polyéthylène et stockée à $-20^{\circ}\text{C}$ jusqu'à ce qu'il soit utilisé.

## II. Méthodes

### II.1. Protocole d'extraction de la gélatine:

L'extraction de la gélatine à partir des os est réalisée selon le protocole **Schirber et Gareis, 2007**. Les os sont déminéralisés par 2% HCl et dégraissés, à une température ambiante pendant 48 h. Ensuite, une étape de purification par NaOH(1N) est effectuée. Après 2 jours, les os sont lavés abondamment avec de l'eau distillée jusqu'à neutralisation.

L'ossein hydrolysé est extrait des os sous forme de bouillon de gélatine dans de l'eau bouillie à  $100^{\circ}\text{C}$  suivie d'un refroidissement. Le gel est séché à l'étuve à une température de  $30^{\circ}\text{C}$  et la gélatine obtenue est enfin broyée en poudre. Le rendement en gélatine est calculé selon l'équation suivante:

$$\boxed{\text{R gélatine (\%)} = 100 \times \text{P} / \text{Pos}}$$

Où (R gélatine) est le rendement en gélatine extraite en pourcentage, (P): le poids de la gélatine extraite, et (Pos) : le poids d'os de bovin utilisé pour l'extraction.

---

## II.2. Protocole d'extraction de la pectine

La pectine est extraite selon la méthode de **Rezzoug et al., 2008**. La pectine est extraite de l'écorce d'orange de *Citrus sinensis* dans une solution d'acide chaude, puis précipitée dans une solution d'alcool à 96°. Les peaux d'orange une fois séchées ont été broyées pendant 20 secondes, le broyat d'écorce est ajouté à une solution de 200ml d'acide chlorhydrique 0.1 N, puis porté à ébullition dans un système à reflux à 90°C pendant 40 min puis plongés dans la glace afin d'arrêter le processus d'hydrolyse.

Le surnageant est récupéré après filtration et la pectine est alors précipitée avec deux volumes d'alcool 96° pour un volume de surnageant. Ensuite, le précipité obtenu est lavé par un volume d'alcool 96°. Le culot est recueilli, séché et enfin broyé en poudre.

Le rendement en pectine est exprimé en g/100g de peau d'orange séchée selon l'équation suivante :

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

Où ( $R_{pectine}$ ) est le rendement de la pectine extraite en pourcentage, (P) : le poids de la pectine extraite, et (E) : le poids des écorces d'orange séchées utilisées durant l'extraction.

## II.3. Caractéristiques de la gélatine:

### II.3.1. Détermination de la teneur en cendre et humidité

La teneur en humidité est déterminée par dessiccation à l'étuve à 100°C pendant 4 h, Les teneurs en cendres sont déterminées par incinération de la matière sèche dans un four à 600°C, selon la méthode **AOAC, (1995)**.

### II.3.2. Détermination du pH:

Un volume de 10 ml l'eau distillée a été ajoutée à 1 g d'échantillon et la solution a ensuite été chauffée à 45 °C pendant 5 min pour dissoudre la poudre de gélatine. Les solutions ont été refroidies à température ambiante et les valeurs de pH déterminées pendant l'agitation magnétique à l'aide d'un pH-mètre (Hanna HI 2210, Woonsocket, RI) calibré par rapport à des tampons pH 4 et pH 7 (**Shyni et al., 2014**).

### II.3.3. Détermination de la force du gel:

7.5 g de la gélatine et 105 ml de l'eau distillée ont été mélangées dans une bouteille de bloom pour donner une solution de gélatine, qui a ensuite été laissée à température ambiante pendant 1 h pour permettre à la gélatine d'absorber l'eau. Les flacons de bloom ont été maintenus dans un bain-marie à 65°C pendant 25 min pour dissoudre la gélatine, puis reposés à température ambiante pendant 15 min avant d'être placés dans un bain-marie à 10°C pendant 18 heures. La résistance du gel a été déterminée par analyse de texture. Lorsque le piston a pénétré dans le gel à une profondeur de 4 mm, la résistance maximale (g) a été déterminée et les résultats ont été exprimés en bloom (g) (Shyni *et al.*, 2014).

### II.3.4. Détermination de la viscosité:

La viscosité des solutions de gélatine a été déterminée selon la méthode de Shakila *et al.*, 2012 à l'aide d'un viscosimètre numérique Brookfield à une température de  $30 \pm 0,5$  C°.

### II.3.5. Solubilité

La solubilité de la gélatine est déterminée selon la méthode de Singh *et al.*, 2011. La gélatine est solubilisée dans 0.5M d'acide acétique pour obtenir une concentration finale de 3mg/ml, la solution est agitée à une température de 4°C pendant 24 h. Ensuite, cette solution est centrifugée à 5000 rpm pendant 15 min. le surnageant est utilisé pour l'étude de la solubilité.

- **Effet de pH sur la solubilité**

Le pH de la solution de gélatine (3mg/ml ; 8ml) est ajustée pour obtenir un pH final compris entre (1 à 10) soit avec du NaOH (6N) ou HCl (6N). Le volume de la solution est complété à 10 ml par de l'eau distillée préalablement ajustée au même pH de la solution de gélatine.

La solution de gélatine est centrifugée à 5000 rpm pendant 30 min. La solubilité relative est calculée par comparaison avec celle obtenue au pH permettant de donner la plus haute valeur de solubilité.

## II.4. Caractérisation de la pectine

### II.4.1. Humidité et cendre

La teneur en cendres et d'humidité de la pectine est déterminée selon la méthode **AOAC, (1980)**.

- L'humidité est déterminée par un séchage de 1g de la pectine à 100°C pendant 4 heures.
- La teneur en cendre est déterminée par incinération de 1g de la pectine dans un four à moufle réglé à 600°C pendant 4 heures. La teneur en cendres est calculée selon la formule suivante :

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

### II.4.2. Détermination du poids équivalent

Le poids équivalent est déterminé selon la méthode proposée par **Owens et al., (1952)**.

Le poids équivalent est déterminé par la mesure de 0.5g de pectine dans une fiole avec 5 ml d'éthanol. Ensuite, 1g de chlorure de sodium est ajouté à la solution. Puis, 100ml d'eau distillée et 6 gouttes de rouge de phénol sont additionnés.

Le mélange est agité rapidement pour s'assurer que la pectine soit bien solubilisée et la solution est titrée avec du NaOH jusqu'à ce que la couleur de l'indicateur coloré devient rose persistant pendant au moins 30 secondes. La solution neutralisée est utilisée pour la détermination de la teneur en méthoxyle. L'équation suivante est utilisée pour calculer le poids équivalent :

$$\text{C e n d r e} \frac{\text{M a s s e d e}}{\text{c e n d r e}} \times$$

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

### II.4.3. Teneur en méthoxyle

La détermination de la teneur en méthoxyle est réalisée par l'addition de 25 ml de NaOH 0.25N à la solution neutralisée avec agitation, puis la solution est laissée reposer pendant 30 min à température ambiante. Ensuite, 25ml de HCl 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. L'équation suivante est utilisée pour calculer ma teneur en méthoxyle :

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

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

### II.4.4. 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) selon 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.4.5. 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.5. Procédé de fabrication des yaourts expérimentaux

Le lait utilisé a été préparé à raison de 140 g/l d'une poudre de lait à 26% de matière grasse. Ensuite, le lait est traité thermiquement à une température de laboratoire de 100°C pendant 2 min en vue de le pasteuriser. Après refroidissement à 45°C, les additifs alimentaires ont été incorporés dans les échantillons de lait à différents taux (P/V) :

- Pectine (0, 0.1, 0.3 et 0.6%) ;
- Gélatine (0, 0.5, 1 et 1.5%)

L'ensemencement des souches lactiques (CHR, HANSEN Danemark) spécifiques du yaourt est effectué dans les essais à un taux de levain de 3% et des rapports de souches *Streptococcus thermophilus* sur *Lactobacillus bulgaricus* de 2S/1L.

Chaque paramètre expérimental est représenté, en triple essais, à raison de 3 pots de 100ml. 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.



---

## II.6. Analyses microbiologiques:

Le dénombrement de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* est réalisé selon la méthode décrite par International Dairy Federation (**IDF Standard 306**) (**2003**). Le milieu M17 est utilisé pour le dénombrement de *Streptococcus thermophilus* et le milieu MRS pour le dénombrement de *Lactobacillus bulgaricus*. Les résultats sont exprimés en unité formant colonies (UFC) par millilitre de prise d'échantillon de produit.

## II.7. Test organoleptique:

Chaque 7 jours de la période de post-acidification de conservation à 4°C, la qualité organoleptique des laits fermentés expérimentaux est évaluée par un jury de dégustation selon une échelle de notation variable de 1 à 10. Le test organoleptique consiste à apprécier les produits expérimentaux selon plusieurs paramètres : goût, cohésivité, adhésivité, odeur

- **Goût** : Consiste à apprécier l'ampleur de l'acidité développée par les germes lactiques semencés dans les laits fermentés type yaourt au cours de l'entreposage.
- **Cohésivité** : Consiste à déterminer la capacité maximale de déformation de l'échantillon avant de se rompre lorsqu'il est écrasé entre les doigts.
- **Adhésivité** : Exprime l'intensité des forces inter-faciales développées entre la surface de coagulum et la surface d'une cuillère lors d'une prise du produit.
- **Odeur** : le paneliste est appelé à déceler l'existence ou pas de sensation de mauvaises odeurs émanant du produit dégusté

## II.8. Traitement statistique

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été traités statistiquement par une analyse de variance bi factorielle en randomisation totale, suivie d'une comparaison des moyennes deux à deux selon le test de NEWMAN et KEULS. Par contre, ceux relatifs au test organoleptique ils ont été traités selon le test non paramétrique de Friedman (**Stat Box 6.4**).

---

# **Partie III**

## **Résultats et discussion**

## I. Résultats de gélatine

### I.1. Propriétés caractéristiques et fonctionnelles de la gélatine

#### I.1.1. Rendement

Le rendement d'extraction de la gélatine est calculé en le poids de la gélatine en poudre et le poids osseux de bovin, le poids de la peau de poulet et le poids de poisson d'eau douce dans les travaux de **Arioui, 2017**, **Aykin-Dinçer et al., 2017** et de **Ratnasari et al., 2013** respectivement. Les valeurs obtenues sur le rendement de l'extrait de la gélatine sont résumés dans le tableau:

**Tableau 3:** rendement de la gélatine extraite

Auteurs	Ratnasari et al., 2013					Arioui, 2017	Aykin-Dinçer et al., 2017
Propriétés	Poisson chat	Poisson-chat à queue rouge d'Asie	Poisson à Tête de serpent rayée	Tilapia du Nil	Gélatine commerciale	Gélatine d'os de bovin	Gélatine de la peau de poulet
Rendement (%)	22%	21,28%	20,25%	21,93 %	-	6,32 ± 0,20%.	6.5 %
Apparence	Blanc	Blanc	blanc	Jaune clair	Jaune foncé		

\*Les résultats sont des moyennes ± écart-type (n = 3). Moyens dans la même colonne suivis du même supercript ne sont pas significativement différents (P < 0,05)

Le rendement de l'extraction de la gélatine dans les 3 espèces étudiées est plus élevé chez les poissons par rapport aux animaux terrestres. Pour la gélatine d'os de bovin à un pourcentage (6.3 %) proche de celle de la peau de poulet (6.5%).

Les travaux réalisés sur la peau de poulet ont montrés des valeurs diffères d'un auteur à l'autre plus faible de 2.16 % , **Sarbon et al, 2013**, au plus élevé à ceux trouvés par (**Lassoued et al., 2014**).

Tandis que le rendement de la gélatine de pieds de canard, selon différentes techniques, variait de 0,75 à 3,31 % ,**Park et al., 2013**. En plus, par un exemple : peau de Rune (18,32 à 30,16%); pour la peau de requin (19,7 %), la peau de thon (11,3 %) et la peau de rohu (17,2 %) ; pour les gélatines de peau de blennie de zèbre (14,8%) (**Shyni et al., 2014**).

La composition de la peau est probablement la raison des résultats à haut rendement en poisson. Des différentes espèces marines ont différentes propriétés structurelles et physiques de la gélatine , **Gomez-Guilen et al., 2001**. Ainsi que, la présence d'une différence dans les molécules de collagènes présentés dans leurs peaux (**Jamilah et Harvinder 2002**), **Songchotikunpan et al., 2008**, et **Tabarestani et al., 2010**).

Les rendements en gélatine varient en raison de différences dans le temps d'extraction, le processus de prétraitement, l'étape de lavage, la teneur en collagène et les compositions de la peau (**Du et al., 2013** ; **Lassoued et al., 2014** ; **Sinthusamran et al., 2014**).

### I.1.2. Teneur en cendres et humidité :

Les résultats des teneurs en cendres et humidité de la gélatine comparaison avec la gélatine commerciale sont résumés dans le Tableau

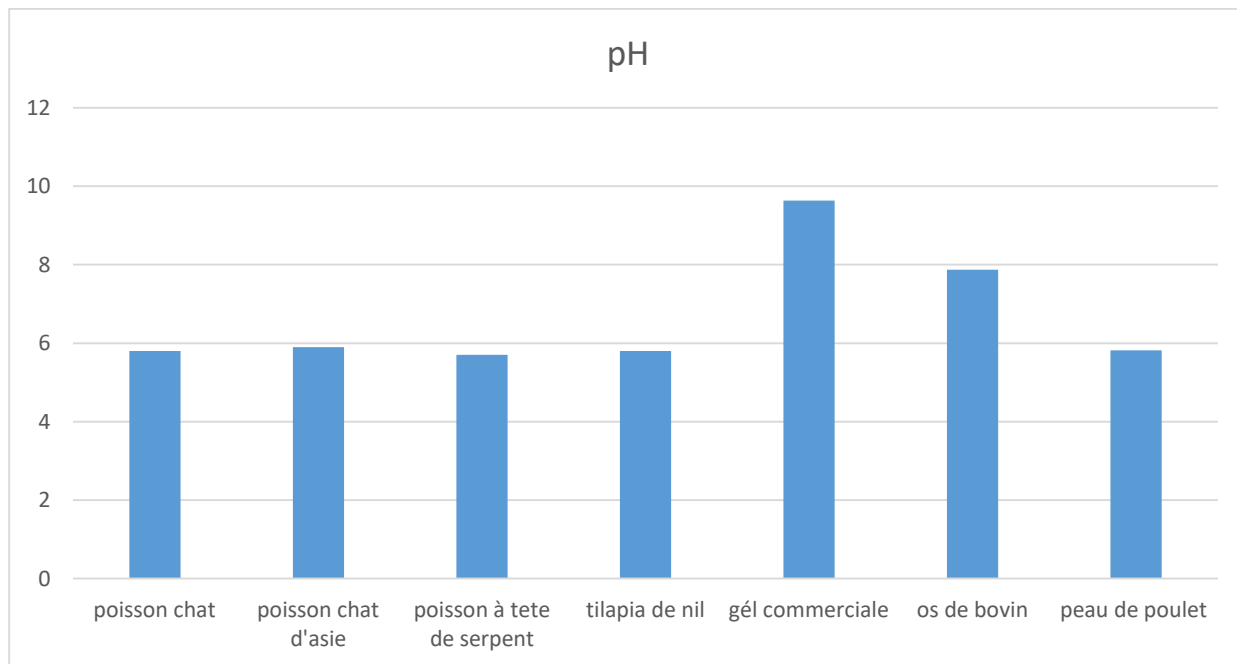
**Tableau 4:**Teneur en cendres et humidité des gélatines

Auteurs	<b>Ratnasari et al., 2013</b>					<b>Arioui, 2017</b>	<b>Aykin-Dinçer et al., 2017</b>
Propriétés	Poisson chat	Poisson-chat à queue rouge d'Asie	Poisson à Tête de serpent rayée	Tilapia du Nil	Gélatine commerciale	Gélatine d'os de bovin	Gélatine de la peau de poulet
Teneur en cendre (%)	2.840a±0.003	3.514d±0.12	2,580b±0,01	2,723c±0,05	13.66 ± 0.57	13.33 ± 0.57	12,57 ± 0,16a
Humidité (%)	0,055a±0,02	0,208b±0,02	0,166b±0,03	0,189b±0,1	10.12 ± 2.79	7.87 ± 0.62	2,13 ± 0,07a

La teneur en cendres de la gélatine d'os de bovin est semblable à celle de la gélatine commerciale ; avec des valeurs de 13.33% vs 13.66%. Alors que les valeurs enregistrées pour les poissons sont très bas variant de 2.58% au 3.514%. En ce qui concerne l'humidité, la plus faible teneur ( $p>0.05$ ) est enregistrée avec la gélatine des poissons (0.055%, 0.166%, 0.189%, 0.208%) suivie par la gélatine de la peau de poulet (2.13%) et la gélatine de l'os de bovin (7.87%) ; alors que la gélatine commerciale accuse des teneurs élevées (10.12%).

### I.1.3. pH de La gélatine:

Les mesures de pH de gélatine pour les études d'**Arioui, 2017**, **Aykin-Dinçer et al., 2017** et de **Ratnasari et al., 2013** sont résumés dans la figure suivante:

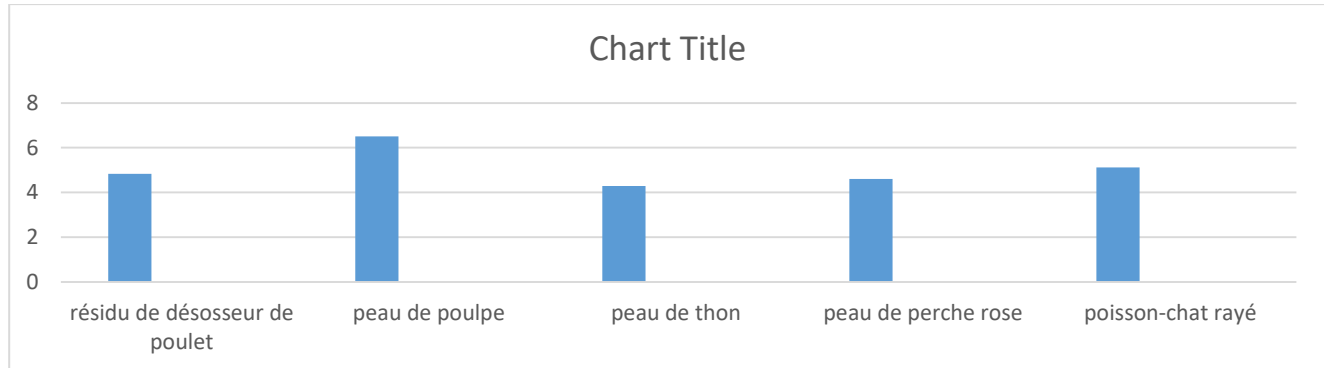


**Figure 3:** les valeurs de pH (d'**Arioui, 2017**, **Aykin-Dinçer et al., 2017** et de **Ratnasari et al., 2013**).

Les deux types de gélatine issus de l'os de bovin et la gélatine commerciale ont un pH alcalin ; variant de  $7,87 \pm 0,04$  et  $9,63 \pm 0,01$  respectivement.

Tandis que, les valeurs du pH des extraits de gélatine du poisson de l'eau douce étudiées étaient inférieures à la gélatine commerciale.

**Dans des recherches antérieures, le pH de gélatine était :**



**Figure 4:** résumé des travaux antérieurs (Rafieian et al., 2015, Jridi et al., 2015, Shyni et al., 2014, Koli et al., 2012, Jamila et al., 2011).

Les différences entre les valeurs de pH des échantillons de gélatine peuvent être dues aux différents acides et prétraitements alcalins utilisés lors de l'extraction procédure (Aykın-Dinçer et al., 2017).

#### **I.1.4. Propriétés rhéologiques**

Les résultats de la solubilité des deux types de gélatines (commerciale et bovine) ,Arioui, 2017, sont représentés dans le Tableau

**Tableau 6:** Solubilité (mg) des gélatines à différents pH (Arioui, 2017).

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Effet pH
<b>GB</b>	1.89 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.14	1.82 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.59	2.14 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.55	2.74 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.75	1.60 <b>b</b> ± 0.53	1.67 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.21	1.30 <sup>c</sup> <b>b</b> ± 0.02	1.68 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.06	1.75 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.30	1.87 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.37	**
<b>GC</b>	1.18 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 1.36	1.32 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 1.00	1.53 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.05	1.62 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.82	0.67 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.35	0.60 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.11	0.45 <b>b</b> ± 0.07	0.64 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.21	1.09 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.57	1.26 <sup>a</sup> <b>b</b> ± 0.03	**

Les résultats sont exprimés en moyenne suivis de l'erreur type ; \*\* Effet hautement significatif ( $p < 0.05$ ) du pH ; NS : Effet non significatif ( $p > 0.05$ ) du pH ; a, b, c : comparaison statistique des moyennes deux à deux ; GB : Gélatine d'os de bovin ; GC : Gélatine commerciale.

La valeur de solubilité la plus élevée est obtenue avec de la gélatine d'os bovin suivie gélatine commerciale estimée à 2,74 mg et 1,62 mg, respectivement.

La valeur de solubilité la plus faible est enregistrée à pH 7 ; avec des valeurs de 0,45 et 1,3 mg pour la gélatine commerciale et la gélatine d'os bovin.

D'après les résultats obtenus, la solubilité des gélatines est maximum à pH 4. Le pH a un effet très significatif sur la solubilité de la gélatine osseuse bovin ( $p < 0,01$ ).

Les résultats obtenus dans l'étude d' **Aykın-Dinçer et al., 2017** sont résumés dans le tableau 6.

**Tableau 7:** propriétés rhéologiques de gélatine de poulet (Aykın-Dinçer et al., 2017).

Propriétés rhéologiques	Gélatine de peau de poulet	Gélatine bovine
Force du gel (g)	166,65 ± 1,63b	238,25 ± 2,47a
Température de fusion (°C)	33,65 ± 0,07a	31,38 ± 0,11b
Viscosité (cP)	1,35 ± 0,10b	3,12 ± 0,12a

a, b Des lettres différentes dans la même rangée de chaque effet indiquent ( $P < 0,05$ ) différences entre les moyennes. (Aykın-Dinçer et al., 2017).

La température de fusion de la gélatine la peau de poulet était significativement ( $P < 0,01$ ) plus élevée que celle de la gélatine bovine commerciale

Les propriétés de la gélatine obtenue à partir des poissons sont résumés dans le tableau (**Ratnasari et al., 2013**).

**Tableau 8: propriétés de la gélatine des poissons, Ratnasari et al., 2013**

Propriétés	Poisson-chat pangas	Queue d'Asie Poisson-chat	Tilapia du Nil	Rayé tête de serpent	Commercial Gélatine
Force du gel (g)	273,58d±3,54	222,54b±3,54	191.20a±3.54	257.25c±0.0	283,79e±3,54
Viscosité (cP)	36,5c±0,21	23,5ab±0,1	19,3a±0,1	31,5b±0,1	39,5c±0,1
Point isoélectrique (Ip)	5,1b±0,06	4.8a±0.06	5.3c±0.06	4.8a±0.1	5,0b±0,006
Point de fusion (oC)	32,0b±0,0	26,0a±0,0	25.0ab±0.0	31,0c±0,0	35.0d±0.0
Température de gélification (oC)	12.0c±0.0	10.0ab±0.0	10.0a±0.0	11,0b±0,0	16.0d±0.0
Température de fusion (oC)	29,0b±0,0	28,0a±0,0	28.5ab±0.0	30.0c±0.0	34.0d±0.0
Solubilité (%)	99,40b±0,003	99,41b±0,005	99,14a±0,12	99,21a±0,002	99.60c±0.002

\*Les résultats sont des moyennes ± écart-type (n = 3). Moyens dans la même colonne suivis du même supercript ne sont pas significativement différents ( $P < 0,05$ ) (**Ratnasari et al., 2013**).

D'après le tableau précédent, la force de gel de la gélatine de poisson est plus forte que celle des gélatines commerciales et le point de fusion est à peu près le même que celui des gélatines bovines et commerciales. En outre, Températures de gélification et de fusion des gélatine de poisson d'eau douce pourrait être a



cause de sa faible teneur en proline. Plusieurs études ont rapporté que la température de fusion du tilapia est de 24,55 °C, **Pranoto et al., 2007**, ce qui est supérieur à celui de la perche du Nil (26,3°C), **Muyonga et al., 2004** et inférieur à la morue (13,8°C) (**Gomez-Guilen et al., 2000**).

La plage de températures de gélification peut être due aux résidus de produits chimiques après traitement et à la matière première. La température de fusion de la gélatine préparée à partir de peaux d'animaux à sang chaud et d'espèces de poissons d'eau chaude est généralement plus élevée que celle de la gélatine de la peau d'espèces de poissons vivant en eau froide. (**Gilsenan et Ross-Murphy, 2000**).

la solubilité de la gélatine de peau de quatre poissons d'eau douce était supérieure à 99 % ; similaire à celui de la gélatine commerciale. La gélatine bovine avait la solubilité la plus faible à pH 5 (**Benjakul et al., 2009**).

Il ressemble à que la gélatine de peau de poulet pourrait être utilisée pour remplacer les autres gélatines dans certains produits alimentaires (**Koli et al., 2012**)

Les gélatines de poisson, qui ont une faible teneur en acides aminés, **Gudmundsson, 2002**. Ont généralement une température de fusion inférieure à celle des gélatines de mammifères , **Karim et Bhat, 2009**. Par conséquent, la température de fusion variée des gélatines est probablement dû aux différences de teneur en acides aminés.

La gélatine à haute teneur en acides aminés peut présenter de meilleures propriétés rhéologiques par une stabilisation structurelle de la triple hélice de collagène, et par conséquent, une force du gel, une viscosité et une température de fusion plus élevées (**Sarbon et al., 2013**)

## II. résultats de Pectine

### II.1. Caractéristiques de la pectine

#### II.1.1. Rendement:

Les résultats de de rendement de l'extraction de la pectine de l'écorce de *Citrus sinensis* a été estimé à 24,33 % ± 0,5, **Arioui, 2017**. Ce rendement est proche de celui rapporté par **Maran et al., 2013** pour 19,24 %. Tandis que **Zanella et Taranto, 2015** ont trouvé un rendement très élevé de pectine d'orange

Pedo de *Citrus sinensis* L. osbeck à environ 38,21%. D'autres travaux de **Guo et al., 2012**, cependant, ont montré des rendements très faibles d'environ 15,47 %.

### II.1.2. Teneurs en cendres et humidité :

Les teneurs en cendres et humidité de la pectine d'écorce de *Citrus sinensis* comparées avec les teneurs de la pectine commerciale, **Arioui, 2017** sont résumés dans le tableau.

**Tableau 9:** teneurs en cendres et humidité de la pectine d'écorce de *Citrus sinensis* et la pectine commerciale (**Arioui, 2017**).

	Pectine d'écorce d'orange	Pectine commercial
Teneur en cendre(%)	9.00 <sup>b</sup> ±1.00	11.33 <sup>a</sup> ± 0.57
Humidité (%)	11.52 <sup>b</sup> ± 0.22	12.67 <sup>a</sup> ± 1.60

La teneur en humidité de la pectine commerciale (12,67 % ± 1,60) est supérieure à celle de l'écorce d'orange (11,52 % ± 0,22 %) La teneur en cendres de la pectine d'écorce d'orange a été évaluée à (9,00 % ± 1,00 %); Alors que le pourcentage de pectine commerciale est de (11,33 % ± 0,57 %) L'humidité est un facteur très important dans le stockage de la pectine. Une faible humidité augmente les temps de stockage et inhibe la croissance des micro-organismes qui affectent la qualité de la pectine en produisant des enzymes hydrolysantes, à savoir les pectines (**Mohamadzadeh et al., 2010**).

Une faible teneur en cendres convient à la formation de gel. La teneur maximale en cendres pour obtenir des gels de pectine de meilleure qualité est de 10 % (**Ismail et al., 2012**).

### II.1.3. Teneur en poids équivalent:

Les caractéristiques de la pectine de l'écorce d'orange et la pectine commerciale sont présentées dans le tableau suivante.

**Tableau 10:** caractéristiques de la pectine d'écorce de *Citrus sinensis* et la pectine commerciale (Arioui, 2017).

	Pectine d'écorce d'orange	Pectine commerciale
Poids equivalent	620.03 <sup>b</sup> ± 21.75	8492.06 <sup>a</sup> ±1435.17
MeO (%)	1.73 <sup>b</sup> ± 0.22	2.02 <sup>a</sup> ± 0.13
DE (%)	28.79 <sup>b</sup> ± 1.89	82.03 <sup>a</sup> ± 3.74
AGU(%)	39.89 <sup>a</sup> ± 0.73	11.96 <sup>b</sup> ± 1.05
Couleur	Blanc jaune	Blanc

**AGU : acide galacturonique ; DE : degré d'estérification ; MeO : méthoxyle.**

L'équivalent en poids de pectine commerciale est supérieur ( $p < 0,05$ ) à l'équivalent en poids de pectine obtenu après extraction d'écorce d'orange ; 8492.09 et 620.03 respectivement.

La teneur en méthoxyle de la pectine d'écorce d'orange (1,73 %) est significativement plus faible ( $P < 0,05$ ) que celle de la pectine commerciale (2,02 %). Quant au degré d'estérification, les valeurs de pectine de *Citrus sinensis* sont plus faibles ( $p < 0,01$ ) que la pectine commerciale 28,79% et 82,03 %, **Kanmani et al., 2014** ont constaté que le poids; équivalent de pectine de *Citrus sinensis*, *Citrus limetta* et *Citrus limon* est de 594,86, 386,45 et 253,70, respectivement. Ces résultats montrent clairement qu'il existe une différence taxonomique en poids équivalent et que la plus grande valeur est enregistrée dans l'espèce *Citrus sinensis*. La valeur pondérale équivalente de pectine peut également varier en fonction de la matière première et de son degré de maturité, **Azad et al., 2014**. Selon les mêmes auteurs, le stade de maturité a un effet significatif ( $p < 0,05$ ) sur la valeur du poids équivalent. Des échantillons prélevés pendant Le stade de maturité a le poids équivalent le plus élevé tandis que la valeur la plus faible est enregistrée pour les échantillons du stade de maturité. Cette diminution peut être due à une dégradation partielle de la pectine.

---

Le poids équivalent de pectine est également fonction de la teneur totale en acide galacturonique libre (non estérifié) dans la chaîne moléculaire de la pectine, **Rangama, 1977**. Selon **Rose, 1977**, un degré d'estérification plus élevé conduit à une teneur en acide libre plus faible et conduit ainsi à une augmentation de la valeur pondérale équivalente. La diminution du poids équivalent peut être due à l'hydrolyse partielle de la pectine et dépend de la quantité d'acide libre (**Ramli et Asmawati, 2011**).

La pectine d'orange extraite peut être classée comme pectine à faible teneur en méthyle (pectine à faible teneur en méthyle) car son degré d'estérification est inférieur à 50 %. Cette pectine à faible teneur en méthyle est souvent utilisée dans l'industrie alimentaire comme gélifiant dans les produits à faible concentration en sucre tels que les gelées et les confitures hypocaloriques (**Tang et al., 2011**).

La teneur en méthoxy de la pectine peut également varier selon les espèces végétales : écorce de mangue 7,33 %, banane (7,03 %), écorce de pamplemousse (8,57 %) et citron (9,92 %) , **Madhav et Pushpalatha, 2002**. Selon **Ismail et al., 2012**, cette teneur varie de 2,98 % à 4,34 %. **Azad et al., 2014** ont montré que la teneur en méthoxy de la pectine de citron peut varier de 4,26 % à 10,25 % selon l'état de maturation du fruit, et la teneur en méthoxy et le degré d'estérification varient également selon les conditions d'extraction (**Chu, 2013**).

La teneur en méthoxy est un facteur très important dans le contrôle du temps et de la capacité de formation du gel de pectine, **Constella et Lozano, 2003**. Le pourcentage d'acide galacturonique (AG) est un facteur très important qui renseigne sur la pureté de la pectine. Il est recommandé qu'il soit supérieur à 65 % (**Food Chemicals Codex, 1996**).

Cependant, la teneur en acide galacturonique (AG) dans l'étude pectine extraite d'écorce d'orange est inférieure à 65% ,**Arioui, 2017**. Ces résultats indiquent que cette pectine n'est pas pure. Les mêmes résultats ont été trouvés par (**Ismail et al., 2012**).

### III. Propriétés physicochimiques et microbiologiques des yaourts ajoutés de gélatine

#### III.1. Évolution des propriétés physicochimiques des yaourts additionnés de gélatine

##### III.1.1. pH

L'évaluation de pH pendant la période de fermentation et la période de post-acidification est présentée dans le tableau suivante (Arioui, 2017).

**Tableau 11:** Evolution du pH des yaourts additionnés de gélatine (Arioui, 2017)

Périodes		Doses de gélatine additionnée (%)				Période F2	Effet F1	Effet F2	Effet F1×F2
		0%	0.5%	1%	1.5%				
Fermentation		4.90 <sup>a</sup>	4.88 <sup>a</sup>	4.86 <sup>ab</sup>	4.75 <sup>ac</sup>	4.86 <sup>a</sup>			
	2h	±	±	±	±	±			
		0.01	1.16	0.01	0.01	0.49			
	4h	4.63 <sup>a</sup>	4.59 <sup>a</sup>	4.57 <sup>ab</sup>	4.56 <sup>ac</sup>	4.59 <sup>a</sup>			
		±	±	±	±	±			
Post-acidification		0.01	0.01	0.09	0.01	0.04			
		4.42 <sup>a</sup>	4.47 <sup>ac</sup>	4.51 <sup>ac</sup> <sub>d</sub>	4.58 <sup>ac</sup>	4.50 <sup>b</sup>			
	7j	±	±	±	±	±			
		0.01	0.02	0.01	0.01	0.01			
							*	*	*
		4.38 <sup>a</sup>	4.39 <sup>ac</sup>	4.40 <sup>ac</sup> <sub>d</sub>	4.49 <sup>abc</sup> <sub>d</sub>	4.42 <sup>c</sup>			
	14j	±	±	±	±	±			
		0.04	0.01	0.01	0.01	0.01			
		4.24 <sup>a</sup>	4.34 <sup>ac</sup>	4.35 <sup>bcd</sup>	4.45 <sup>ace</sup>	4.35 <sup>c</sup>			
21j	±	±	±	±	±				
	0.06	0.04	0.04	0.06	0.04				
Dose de gélatine (F1)		4.48 <sup>c</sup>	4.53 <sup>b</sup>	4.54 <sup>b</sup>	4.57 <sup>a</sup>	X			
		±	±	±	±				
		0.02	0.44	0.04	0.02				

**Les résultats sont exprimés en moyenne suivis de l'erreur type ; \* Effet significatif ( $p < 0.05$ ) d'ajout de gélatine ; a, b, c, d, e : comparaison statistique des moyennes deux à deux ; F2 : facteur étudié périodes expérimentales, F1 : facteur étudié dose de gélatine additionnés ; F1×F2 : interaction des deux facteurs étudiés.**

Pendant la période de fermentation, les yaourts additionnés de gélatine présentent une diminution remarquable du pH; de 4,86 à 4,59, en moyenne. De plus, le pH diminue avec augmentation du taux d'incorporation de la gélatine ( $p < 0,05$ ); ainsi après deux heures de fermentation les valeurs de pH varient en moyenne de 4,90, 4,88, 4,86 et à 4,75 pour les taux de gélatine de 0, 0,5, 1 et 1,5%. A la fin de la fermentation, il s'avère que les échantillons contenant les taux de gélatine les plus élevés de 1 et 1,5% ont montré des résultats comparables de 4,57 et 4,56 en moyenne, respectivement.

Pendant la période de post-acidification, les valeurs moyennes du pH des yaourts Les expériences ont tendance à diminuer de 4,50 à 4,35.

A la fin de la période de stockage, les yaourts expérimentaux contenant 1 et 1,5% la gélatine a le pH le plus élevé par rapport au témoin; soit des valeurs de 4,54 et 4,57 contre 4,48 en moyenne.

L'augmentation de l'acidité et la diminution du pH résulte de la production de l'acidelactique suite à la fermentation du lactose de lait par les deux souches spécifique des yaourts à savoir *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Des résultats similaires ont été obtenus par **Sokolinska et al., 2004**, qui ont constaté que le pH de yaourt diminue au cours de fermentation de 6.7 à 4.11.

### **III.1.2. Acidité :**

L'analyse de la variance des facteurs étudiés à savoir taux d'incorporation de la gélatine et périodes de fermentation et de post-acidification sur l'évolution de l'acidité des yaourts expérimentaux sont résumés dans le tableau

**Tableau 12:** Evolution de l'acidité (°D) des laits fermentés additionnés de gélatine (Arioui, 2017).

Périodes		Doses de gélatine additionnée (%)				Période F2	Effet F1	Effet F2	Effet F1×F2
		0%	0.5%	1%	1.5%				
Fermentation	2h	70.00 <sup>a</sup> ± 2.01	72.33 <sup>a</sup> <b>d</b> ± 2.52	74.00 <sup>bc</sup> <b>d</b> ± 2.65	76.67 <sup>ae</sup> ± 1.53	73.25 <sup>d</sup> ± 0.49	*	*	*
	4h	79.67 <sup>a</sup> ± 6.51	81 <sup>b</sup> ± 3.61	86.33 <sup>ad</sup> ± 4.16	88.33 <sup>ae</sup> ± 5.29	83.83 <sup>c</sup> ± 4.28			
Post-acidification	7j	95.00 <sup>a</sup> ± 2.01	90.00 <sup>b</sup> ± 3.21	91.00 <sup>ad</sup> ± 2.65	78.00 <sup>ae</sup> ± 7.55	91.25 <sup>c</sup> ± 0.01			
	14j	105.00 <sup>a</sup> ± 3.21	102.67 <sup>b</sup> ± 2.00	95.00 <sup>ad</sup> ± 4.01	93.33 <sup>ae</sup> ± 1.53	100.89 <sup>b</sup> ± 2.44			
	21j	115.00 <sup>a</sup> ± 3.00	111.00 <sup>b</sup> ± 2.52	98.67 <sup>ad</sup> ± 3.05	95.17 <sup>bc</sup> <b>de</b> ± 5.51	104.96 <sup>a</sup> ± 3.16			
Dose de gélatine (F1)		92.93 <sup>a</sup> ± 3.15	91.40 <sup>a</sup> ± 2.39	89.00 <sup>b</sup> ± 2.84	88.90 <sup>b</sup> ± 4.14	X			

Les résultats sont exprimés en moyenne suivis de l'erreur type ; \* Effet significatif ( $p < 0.05$ ) d'ajout de gélatine ; a, b, c, d, e : comparaison statistique des moyennes deux à deux ; F2 : facteur étudié périodes expérimentales, F1 : facteur étudié dose de gélatine additionné ; F1×F2 : interaction des deux facteurs étudiés.

Pendant la période de fermentation, l'évolution moyenne de l'acidité des yaourts la gélatine supplémentée a tendance à passer de 73,25 à 83,83° en moyenne après 4 heures de fermentation. Durant cette période, il apparaît que l'acidité augmente avec augmentation du taux d'incorporation de gélatine dans les échantillons expérimentaux ( $p < 0,05$ ).

De même, au cours de la période de post-acidification l'évolution de l'acidité des échantillons expérimentaux est caractérisée par un accroissement ( $p < 0.05$ ) de 91.25 au 7<sup>ème</sup> jour à 104.96°D au 21<sup>ème</sup> jour, en moyenne. Aussi durant cette période, il apparaît que l'acidité est inversement proportionnelle au taux d'incorporation de la gélatine dans les essais expérimentaux ( $p < 0.05$ ) ; soit des variations moyennes de 95 à 78°D au 7<sup>ème</sup> jour, de 105 à 93.33°D au 14<sup>ème</sup> jour et de 115 à 95.17 au 21<sup>ème</sup> jour.

L'augmentation de l'acidité et la diminution du pH résulte de la production de l'acidelactique suite à la fermentation du lactose de lait par les deux souches spécifique des yaourts à savoir *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Des résultats similaires ont été obtenus par **Sokolinska et al., 2004**, qui ont constaté que le pH de yaourt diminue au cours de fermentation de 6.7 à 4.11.

Par ailleurs, il a été observé durant toute la période de fermentation, que l'augmentation de l'acidité est d'autant plus élevée que le taux d'incorporation de la gélatine est considérable, le cas contraire est enregistré pour le pH où les valeurs diminuent avec l'augmentation de la concentration en gélatine.

Ces résultats peuvent être probablement expliqués par le fait que la gélatine est riche en certains facteurs de croissance notamment les acides aminés, susceptibles de favoriser la croissance des souches lactiques des yaourts qui se prolifèrent et produisent par fermentation lactique d'avantage de lactate dans le milieu.

**Supavitpatana et al., 2008** ont trouvé que l'acidité de yaourt augmente avec l'augmentation du taux d'incorporation de gélatine ( $p < 0.05$ ). Selon ces auteurs l'acidité lactique de yaourt s'accroît avec l'augmentation de la concentration de gélatine ajoutée de 0 à 0.4%. Cette acidité se stabilise à une même valeur pour des pourcentages de gélatine de 0.4 et 0.6%. Par ailleurs, **Kumar et Mishra, 2004**, ont aussi enregistré des augmentations de l'acidité en présence de gélatine.

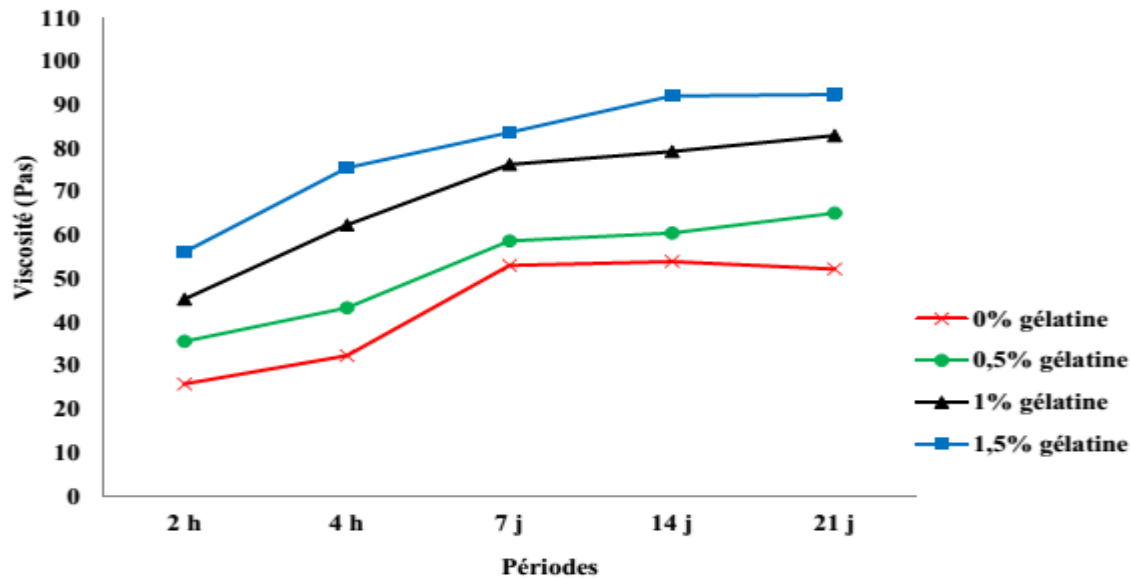
### III.1.3. Viscosité:

La viscosité des yaourts expérimentaux montre une augmentation croissante au cours de la période de fermentation ; soit des valeurs moyennes variant de 40,69 à 53,43 Pas. Après deux heures de fermentation les moyennes de viscosité enregistrées sont d'autant plus élevées que le taux d'incorporation de la gélatine



est considérable ( $p < 0,05$ ) ; soit des valeurs de 25,58, 35,64, 45,35 et 56,21 Pas pour les taux d'incorporation de 0, 0,5, 1 et 1,5%, respectivement.

Pendant les deux périodes expérimentales, à savoir la fermentation et la post- acidification, il apparaît que les tests contenant 1 et 1,5% de gélatine montrent les valeurs viscosité la plus élevée de 67,99 et 80,01 Pas en moyenne par rapport à témoin Figure suivante .



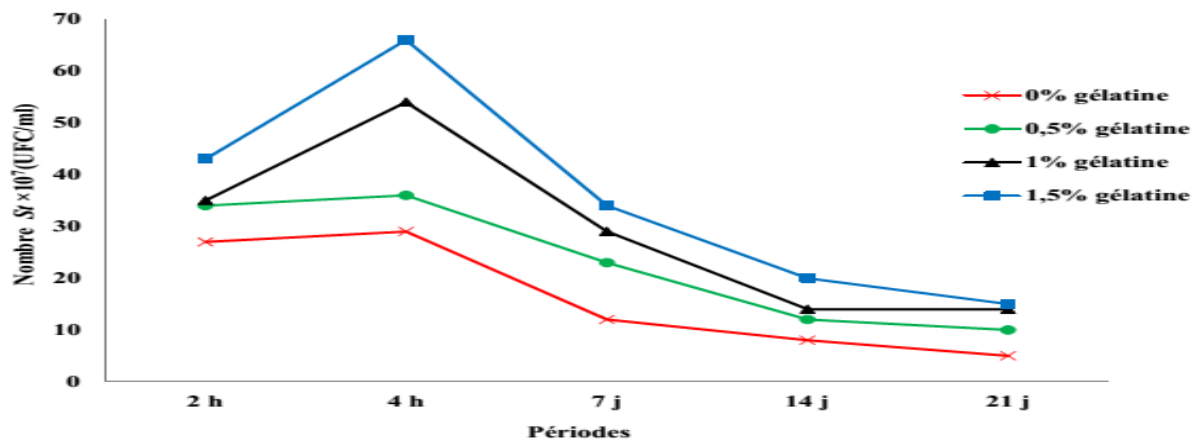
**Figure 5:** Evolution moyenne de la viscosité (Pas) des laits fermentés additionnés de gélatine.

L'augmentation du taux d'incorporation de la gélatine est accompagnée d'un accroissement notable de la viscosité des yaourts. Cette constance évolution peut être expliquée éventuellement par plusieurs phénomènes. Le premier étant, l'acidification du lait suite à la production d'acide lactique par les bactéries lactique (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*) est le facteur clé permettant la formation du gel caséique. En effet, pendant la fermentation, le pH du lait diminue jusqu'à atteindre le pH isoélectrique des caséines (pH isoélectrique 4.6), qui vont s'agréger entre elle en emprisonnant de l'eau ; le réseau protéique du yaourt est alors formé (Yildiz, 2010).

L'addition de gélatine dans le yaourt a changé la microstructure des produits par la formation des surfaces d'interaction avec les caséines, renfermant des granules de caséines dans plusieurs zones. La gélatine peut donc se lier avec les chaînes de protéines de lait et accroît par voie de conséquence la viscosité de yaourt (Pank et al., 2015; Fiszman et al., 1999).

### III.2. Évolution des propriétés microbiologiques des yaourts additionnés de gélatine *Streptococcus thermophilus* :

L'évolution de germes de *Streptocoque thermophilus* dans les yaourts additionnés de gélatine se caractérisent par une augmentation croissante de 35,10 à 46,10 UFC/ml pendant la période de fermentation.



**.Figure 6:** Evolution du nombre de *Streptococcus thermophilus* des yaourts additionnés de gélatine.

L'analyse de variance adoptée sur l'évolution des *Streptocoque thermophilus* de yaourts expérimentaux additionnés de gélatine, pendant les deux périodes de fermentation et post-acidification, montre l'effet dominant et hautement significatif ( $p < 0,01$ ) de facteurs taux d'incorporation de la gélatine et période d'essai. Lors de la fermentation du lait les bactéries lactiques agissent en synergie, de sorte que *Lactobacillus bulgaricus* amorce son activité en libérant dans un premier temps des acides aminés suite à la protéolyse des caséines. Or, à ce stade, la croissance de cette souche est minimale. Les nutriments libérés par celle-ci permettant, néanmoins, aux *Streptococcus thermophilus* de démarrer la fermentation du lactose en acide lactique. Ainsi *Streptococcus thermophilus* procure aux *Lactobacillus bulgaricus* les composants nécessaires à leur activité fermentaire comme l'acide formique et le gaz carbonique. Avec l'abaissement du pH du milieu, *Lactobacillus bulgaricus* quitte la phase de latence pour entrer dans la phase exponentielle. Elle se met donc à hydrolyser les caséines de façon partielle, ce qui libère de courts peptides et des acides aminés qui favorisent d'avantage la croissance de *Streptococcus thermophilus*.

---

Toutefois, la diminution de pH due à la présence toujours croissante d'acide lactiques inhibe peu à peu la croissance de ces derniers (**Lamontagne, 2002 ; Mahaut et al., 2000**).

Au cours de la période de fermentation, l'évolution moyenne du nombre de *Streptococcus thermophilus* est caractérisée par une importante augmentation avec l'accroissement du taux de la gélatine dans les yaourts. Les *Streptococcus thermophilus* accusent le départ de la fermentation lactique des yaourts ; leur croissance est stimulée par les acides aminés libérés suite à l'activité protéolytique des *Lactobacillus bulgaricus*. Ce qui s'est traduit durant la première phase d'incubation par un nombre relativement important de *Streptococcus thermophilus* ; par la suite les *Lactobacillus bulgaricus* évoluent à leurs tours tout en résistant au pH acide du lait (**Jeantet et al., 2008**).

De plus, les souches spécifiques du yaourt notamment *Streptococcus thermophilus* présentent la capacité de produire des agents texturants exo cellulaires appelés exopolysaccharides (EPS) susceptibles d'interagir avec la matière protéique et augmenter la viscosité du produit. Ces exopolysaccharides sont capables de se lier aux caséines du lait ce qui accroît et améliore par voie de conséquence la qualité rhéologique des yaourts (**Girard et Lequart, 2007**).

### **III.3. Qualité organoleptique des yaourts additionnés de gélatine**

#### **III.3.1. Acidité:**

Au cours de la première semaine de post-acidification, le jury a évalué le goût de yaourts expérimentaux à un taux acceptable de 1,5% . Aussi, pendant la période de stockage, il s'avère que le goût aigre est d'autant plus prononcé que le niveau de gélatine est faible dans les tests expérimentaux.

**Tableau 13:** Evolution de l'acidité (sommés des rangs) des yaourts additionnés de gélatine.

Périodes	Doses de gélatine additionnée (%)				Période (F2)	Effet F1	Effet F2	Effet F1×F2
	0%	0.5%	1%	1.5%				
7j	30	27	24	19	100	*	NS	NS
14j	26	28	24	22	100			
21j	26	27	23.5	23.5	100			
Dose de gélatine (F1)	27.3 <sup>a</sup>	27.3 <sup>a</sup>	23.8 <sup>b</sup>	21.5 <sup>c</sup>				

Les résultats sont exprimés en sommés des rangs ;\* : Effet significatif ( $p < 0.05$ ) d'ajout de gélatine ; NS : Effet non significatif ( $p > 0.05$ ) d'ajout de gélatine ; a, b, c : comparaison statistique des sommés des rangs, F2 : facteur étudié périodes expérimentales, F1 : facteur étudié dose de gélatine additionnés ; F1×F2 : interaction des deux facteurs étudiés.

Dans le 21e jour de stockage, une légère sensation de goût acide est détectée en particulier dans les tests témoins et ceux contenant 0,5% de gélatine. Cette acidité est inversement proportionnelle aux taux de gélatine dans les tests expérimentaux ( $p < 0,05$ ).

### III.3.2. Adhésivité:

Tout au long de la période post-acidification, le jury ont considéré que l'adhésivité le yaourt contenant de la gélatine est meilleure par rapport au témoin. Cette l'adhésivité est améliorée avec l'augmentation du taux d'incorporation de la gélatine dans les essais expérimentaux.

**Tableau 14:** Evolution de l'adhésivité (sommés des rangs) des yaourts additionnés de gélatine.

Périodes	Doses de gélatine additionnée (%)				Période (F2)	Effet F1	Effet F2	Effet F1×F2
	0%	0.5%	1%	1.5%				
7j	35.5	27	22	15.5	100	*	NS	NS
14j	31.5	28.5	25.5	15.5	100			
21j	37	28.5	19.5	15	100			
Dose de gélatine (F1)	34.6 <sup>a</sup>	28 <sup>b</sup>	22.3 <sup>c</sup>	15.3 <sup>d</sup>				

Les résultats sont exprimés en sommes des rangs ; \* : Effet significatif ( $p < 0.05$ ) d'ajout de gélatine ; NS : Effet non significatif ( $p > 0.05$ ) d'ajout de gélatine ; a, b, c : comparaison statistique des sommes des rangs, F2 : facteur étudié périodes expérimentales, F1 : facteur étudié dose de gélatine additionnés ; F1×F2 : interaction des deux facteurs étudiés.

Les meilleures valeurs l'adhésivité ont été enregistrées dans les tests préparés à un taux sévère de 1,5% de gélatine.

L'analyse de variance montre l'effet significatif ( $p < 0,05$ ) des taux d'incorporation de gélatine sur le critère de collage des yaourts en période post-acidification.

### III.3.3. Cohésion :

Tout au long de l'expérimentation, la cohésion des yaourts contenant de la gélatine a été apprécié par le jury de dégustation comme étant meilleur par rapport au témoin.

**Tableau 15:** Evolution de la cohésivité (sommés des rangs) des yaourts additionnés de gélatine.

Périodes	Doses de gélatine additionnée (%)				Période (F2)	Effet F1	Effet F2	Effet F1×F2
	0%	0.5%	1%	1.5%				
7j	31	28	20.5	20.5	100	*	NS	NS
14j	24	30	28	18	100			
21j	30.5	29	35.5	17	100			
Dose de gélatine (F1)	28.5 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	28 <sup>b</sup>	18.5 <sup>c</sup>	X			

Les résultats sont exprimés en sommés des rangs ;\* : Effet significatif ( $p < 0.05$ ) d'ajout de gélatine ; NS : Effet non significatif ( $p > 0.05$ ) d'ajout de gélatine ; a, b, c : comparaison statistique des sommés des rangs, F2 : facteur étudié périodes expérimentales, F1 : facteur étudié dose de gélatine additionnés ; F1×F2 : interaction des deux facteurs étudiés.

L'analyse de la variance dévoile l'effet significatif du facteur taux de gélatine incorporé sur le critère cohésivité des yaourts expérimentaux durant la période de post- acidification

### III.3.4. Odeur

Les résultats révélés suite à l'analyse sensorielle réalisée au cours des séances des dégustations organisées tout au long de la période post-acidification ne montrent aucune effet de l'ajout de gélatine ( $p > 0,05$ ) sur la perception du critère odeur avec des sommés de rangs similaires ( $p > 0,05$ ) variant de 22,5 à 28,5.

**Tableau 16:** Evolution de l'odeur (sommés des rangs) des yaourts additionnés de gélatine.

Périodes	Doses de gélatine additionnée (%)				Période F2	Effet F1	Effet F2	Effet F1*F2
	0%	0.5%	1%	1.5%				
7j	22.5	24.5	24.5	28.5	100	NS	NS	NS
14j	28.5	22.5	24.5	24.5	100			
21j	26	26	24	24	100			
Dose de gélatine (F1)	25.6	24.3	24.3	25.6	X			

Les résultats sont exprimés en sommés des rangs ; NS : Effet non significatif ( $p > 0.05$ ) d'ajout de gélatine ; F2 : facteur étudié périodes expérimentales, F1 : facteur étudié dose de gélatine additionnés ; F1×F2 : interaction des deux facteurs étudiés.

Durant la période de post-acidification, le jury de dégustation à qualifier le goût relatif à l'acidité des yaourts expérimentaux d'acceptable avec une préférence donnée davantage aux échantillons préparés à des taux de 1 et 1.5% de gélatine. Ces résultats peuvent être justifiés par la formation du gel résultant du phénomène de gélification de la gélatine, qui conduit à la diminution de l'activité de l'eau ( $A_w$ ) affectant ainsi l'activité des germes spécifique du yaourts, à produire par fermentation du lactate dans le milieu (Buléon et al., 1998).

Pendant toute la période expérimentale les propriétés rhéologiques dont la cohésivité et l'adhésivité des essais supplémentés de gélatine avec des taux de 1 et 1.5% sont jugés d'appréciables par les panelistes qui les ont d'ailleurs largement préférés aux produits préparés au taux de 0 et 0.5% de gélatine. Cette amélioration des caractères rhéologiques des yaourts expérimentaux dont l'adhésivité est vraisemblable liée à une production de substance glucidiques nommés exopolysaccharides par les souches lactiquesensemencées (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*). Ces substances glucidiques sont

---

capables de se lier aux caséines du lait tout en améliorant ainsi la viscosité et la rhéologie du produit (Pang *et al.*, 2015).

La cohésivité à tendance a augmenté avec l'augmentation de la dose de gélatine incorporée dans les laits fermentés. Des résultats similaires ont été obtenus par Supavitpatana *et al.*, 2008, qui ont constaté une augmentation de l'adhésivité et de la cohésivité avec l'accroissement du taux de gélatine incorporé dans le lait fermenté type yaourt.

Ces résultats peuvent avoir pour origine probable le fait que, les bactéries lactique produisent des composés carbonylés volatile (l'acétaldéhyde, le diacétyl, l'acétoine, l'acetate d'éthyle) et des exopolysaccharides qui participent, respectivement, à l'élaboration de l'arôme et de la texture des yaourts, Cerning *et al.*, 1995. Kumar et Mishra, 2004 trouvent que la flaveur des yaourts additionné de 0.4% est amélioré que ceux additionné de 0.6% de gélatine. Les yaourts expérimentaux n'ont pas marqué de différence notables ( $p > 0.05$ ) d'odorat chez l'ensemble de panelistes.

#### **IV. Propriétés physicochimiques et microbiologiques des laits fermentés additionnés de pectine**

##### **IV.1. Qualité physicochimique des laits fermentés additionnés de pectine**

###### **IV.1.1. pH**

Pendant la période de fermentation, une diminution notable des valeurs de pH est enregistrée avec des valeurs moyennes de 4,94 à 2 heures et 4,57 après 4 heures de vapeur. En revanche, la diminution du pH au cours de la période post-acidification a été lente et progressive, avec des valeurs moyennes allant de 4,13 à 4,12 et 4,05 les septième, quatorzième et vingt et unième jours, respectivement.

Tout au long de la période de fermentation, et pendant la première semaine après l'acidification, une relation proportionnelle inverse a été établie entre les valeurs de pH du lait expérimental et les doses de pectine ajoutée ( $p < 0,01$



**Tableau 17:** Evolution des teneurs moyennes en pH des yaourts additionnés de pectine

02 Périodes	Dose de la pectine incorporée (%)				Effet de l'incorporation de la pectine	
	0%	0.1 %	0.3 %	0.6 %		
Fermentation	2 H	5.34 <sup>a</sup>	5.18 <sup>b</sup>	4.92 <sup>c</sup>	4.92 <sup>c</sup>	* *
		± 0.01	± 0.07	± 0.02	± 0.03	
	4 H	4.63 <sup>a</sup>	4.65 <sup>a</sup>	4.5 <sup>b</sup>	4.49 <sup>b</sup>	* *
		± 0.01	± 0.03	± 0.01	± 0.02	
Post-acidification	7 J	4.19 <sup>a</sup>	4.13 <sup>b</sup>	4.09 <sup>b</sup>	4.09 <sup>b</sup>	* *
		± 0.03	± 0.01	± 0.01	± 0.01	
	14 J	4.13	4.15	4.1	4.11	NS
		± 0.03	± 0.01	± 0.01	± 0.03	
	21 J	4.11	4.04	4.02	4.02	NS
		± 0.03	± 0.06	± 0.01	± 0.01	

Les résultats sont exprimés en moyenne suivis de l'erreur type ; \*\* Effet hautement significatif ( $p < 0.01$ ) d'ajout de pectine ; NS : effet non significatif ( $P > 0.05$ ) d'ajout de pectine ; a, b, c : comparaison statistique des moyennes deux à deux.

Pour les deuxième et troisième semaines de stockage, les valeurs de pH évoluent indépendamment des taux de pectine, pour se stabiliser aux valeurs finales (4,11, 4,04, 4,02, 4,02) pour les doses de pectine (0, 0,1, 0,3) et 0,6 %) incorporées dans les produits, respectivement.

### VI.1.2. Acidité

Pendant la période de fermentation, le développement de l'acidité dornique dans les laits supplémentés en pectine a été marqué par une augmentation apparente de 70,29 °C en moyenne à 2 h, atteignant 90,50 °C après 4 h de fermentation.

Au cours de la période post-acidification, une augmentation progressive de l'acidité du lait fermenté expérimental a été enregistrée. Variant de 95,12°D en début de stockage, à 96,23°D le 14ème jour, à 96,69°D après le 21ème jour de stockage à 4°.

**Tableau 18:** Evolution de l'acidité Dornic des yaourts additionnés de pectine

Périodes		Dose de la pectine incorporée (%)				Effet de l'incorporation de la pectine
		0%	0.1 %	0.3 %	0.6 %	
Fermentation		54.33 <sup>c</sup>	68.33 <sup>b</sup>	70.5 <sup>b</sup>	88 <sup>a</sup>	
	2 H	± 11.24	± 3.21	± 6.26	± 1.73	**
		80.66 <sup>c</sup>	90.66 <sup>b</sup>	91.66 <sup>b</sup>	99 <sup>a</sup>	
	4 H	± 1.52	± 1.52	± 5.68	± 3,60	**
Post-acidification		87.33	92.66	100.83	99.66	
	7 J	± 5.77	± 11.01	± 3.32	± 3.51	NS
		89.33	96.66	99.26	99.66	
	14 J	± 6.65	± 3.51	± 4.19	± 8.62	NS
		89.66	98	99.1	100	
	21 J	± 7.09	± 8.71	± 7.53	± 4.58	NS

Les résultats sont exprimés en moyenne suivis de l'erreur type ; \*\* Effet hautement significatif ( $p < 0.01$ ) d'ajout de pectine ; NS : effet non significatif ( $P > 0.05$ ) d'ajout de pectine ; a, b, c : comparaison statistique des moyennes deux à deux.

De plus, pendant la période de fermentation, l'acidité de Dornick est apparue proportionnelle à l'augmentation du taux d'ajout de pectine de (0, à 0,1, à 0,3 et 0,6 %) dans le yaourt expérimental ( $P < 0,01$ ) ; Soit des teneurs allant de (68,33, à 54,33, à 70,5 et 88 °C) après 2 heures, et de (80,67, à 90,67, à 91,67 et 99 °C) après 4 heures de fumigation, respectivement

Pendant les périodes de fermentation et de post-acidification, une augmentation de l'acidité proportionnelle aux taux de pectine a été enregistrée. Selon **Luquet,1990**, ces résultats ne peuvent être

---

justifiés que par la production d'acide lactique due à la fermentation du lactose laitier par des microorganismes inoculants spécifiques.

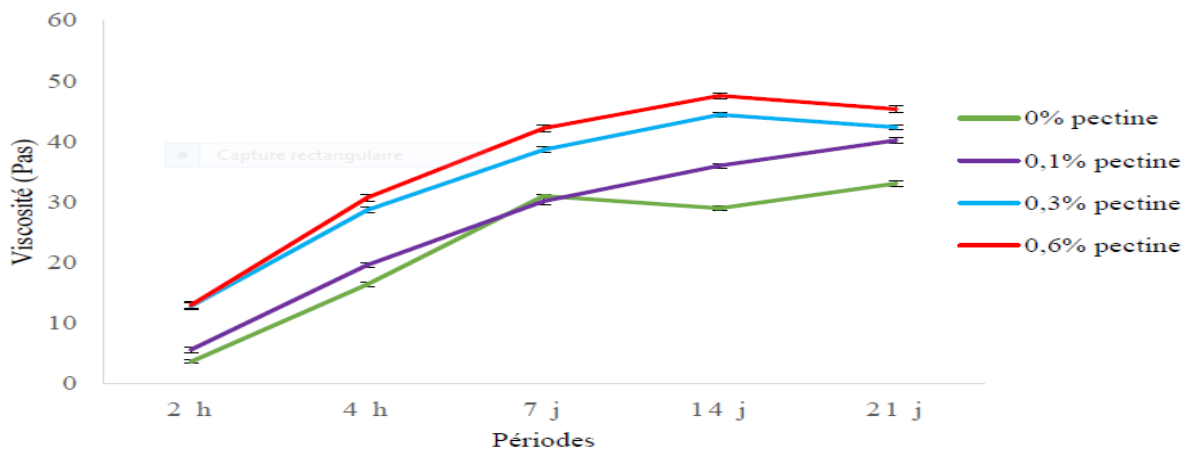
Les teneurs en lactate semblent plus importantes car le taux d'incorporation de pectine est élevé dans le milieu.. Cela suppose que la pectine agit en stimulant l'activité de fermentation de spores de yaourt spécifiques qui provoquent une production intense de lactate dans le milieu. De plus, les principaux produits du métabolisme des bactéries lactiques sont constitués de plusieurs acides organiques, qui sont produits soit par fermentation homogène. (acide lactique uniquement), ou par la méthode hétérogène (acide lactique, acétique et formique) qui peut aussi augmenter l'acidité et modifier différemment le pH du milieu, **Combo et al., 2011** De plus, ces résultats reflètent la cohérence des valeurs de pH obtenues ; Ce qui est inversement proportionnel à l'acidité du Dornick d'une part, et d'autre part aux taux de pectine présents dans le lait fermenté.

La réduction du pH et l'augmentation de l'acidité lactique sont dues à la fermentation du lactose dans le lait par les deux souches spécifiques *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. **Sokolinska et al., 2004**, ont constaté que le pH du lait fermenté diminue pendant la période de fermentation et de post-acidification de 6,7 à 4,11

### VI.1.3. Viscosité

En général, pendant toute la période de fermentation, la viscosité du lait fermenté a tendance à augmenter de (8,72 bar) à 2 heures de fermentation des produits au four, pour atteindre (23,82 bar) en moyenne au bout de 4 heures, à la fin de fermentation.

Pendant la période de post-acidification, la viscosité augmente de la même manière ; Avec des valeurs moyennes allant de 35,47 à 39,23 et 40,23 étapes pendant les septième, quatorzième et vingt et unième jours de stockage d'échantillons de lait fermenté froid à 4°C



**Figure 7:** Evolution des teneurs moyennes en viscosité (Pas) des laits fermentés expérimentaux au cours des périodes de fermentation et de post-acidification.

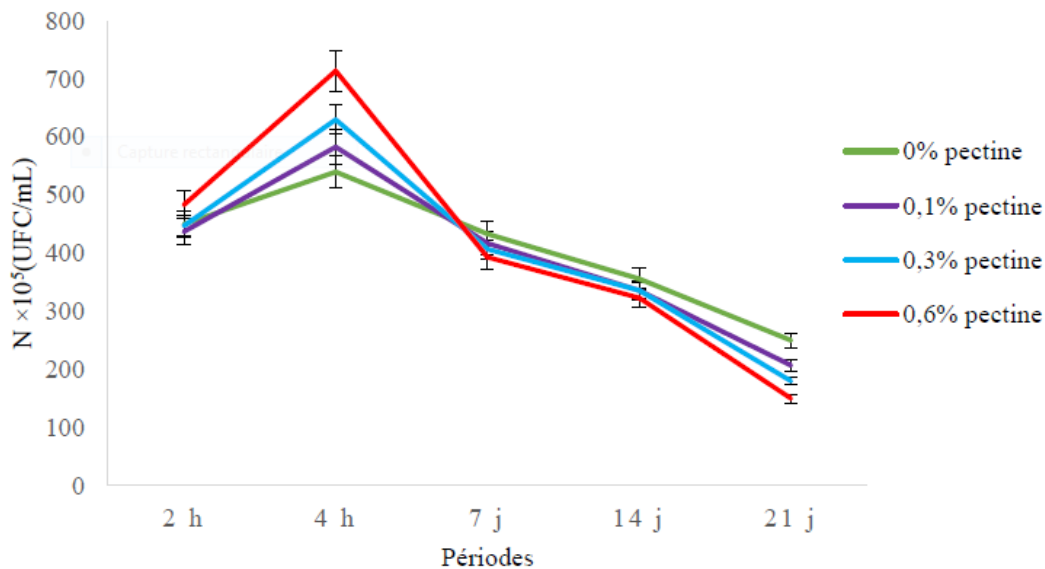
Pendant la phase de fermentation, les résultats ont montré une augmentation de la viscosité positivement corrélée à une augmentation (0, 0,1, 0,3 et 0,6 %) des taux de pectine contenue dans le lait fermenté ( $p < 0,01$ ) ; ou les valeurs variables pertinentes de 3,59, à 5,58, à 12,76 et 12,93 pas à 2 heures, et de 16,36, à 19,55, à 28,66 et à 30,68 pas à 4 heures de cuisson à la vapeur. D'autre part, l'effet de l'ajout de pectine d'orange sur la viscosité des produits s'est avéré très significatif ( $p < 0,01$ ) pendant la période de post-acidification en chambre froide ; avec des valeurs variables de 28,95, à 35,98, à 44,42 et à 47,56 pas au jour 14 et à partir de 33,05, à 40,18 puis à 42,35, et à 45,35 pas au jour 21 Ceci est pour les taux d'incorporation de pectine d'adulte (0, 0,1, 0,3 et 0,6%) successivement dans les yaourts .En ce qui concerne la texture, les yaourts expérimentaux sont caractérisés par une nette augmentation de la viscosité durant les deux phases de fermentation et de post-acidification. Cette viscosité peut être décrite comme étant la résistance montrée par une bille standardisée lors de son déplacement dans un liquide, **Schröder et al., 2004**. D'après **Rawson et Marshall, 1997**, ceci est en relation avec la faculté des souchesensemencés à produire des exopolysaccharides (EPS) dont particulièrement, les *Streptococcus thermophilus* durant la phase surtout de fermentation ou ils sont plus actifs. Ces exo polysaccharides augmentent la viscosité et améliorent la texture des laits fermentés , **Cerning, 1995**. Selon **Girard et Lequart, 2007**, les germes spécifiques du yaourt dont particulièrement *Streptococcus thermophilus* produisent au cours de la fermentation lactique des exopolysaccharides capables de se lier au caséine du lait tout en conférant au produit fini une viscosité et une qualité rhéologique particulière. **Guzel-Seydim et al., 2005**, ont constaté que la viscosité des laits fermentés préparés par des bactéries productrices

d'exopolysaccharides est souvent bien supérieure à ceux préparés par des bactéries incapables de les produire.

## VI.2. Qualité microbiologique des laits fermentés supplémentés de pectine

### VI.2.1. *Streptococcus thermophilus*

l'évolution du nombre de *Streptococcus thermophilus* dans le lait expérimental se caractérise par une nette augmentation au cours de la fermentation avec des valeurs moyennes passant de  $454 \times 10^5$  à  $616 \times 10^5$  CFU/ml après 2 et 4 heures de fermentation, respectivement



**Figure 8:** Variations du nombre de *Streptococcus thermophilus* (UFC/mL) des laits additionnés de la pectine.

Pendant la période post-acidification, le nombre moyen de *Streptococcus aureus* réfractaires dans le yaourt expérimental passe de  $412 \times 10^5$  CFU/ml au jour 7, à  $169 \times 10^5$  CFU/ml à la fin de la période de stockage. En revanche, il a été observé que pendant la période de stockage, le nombre de spores est

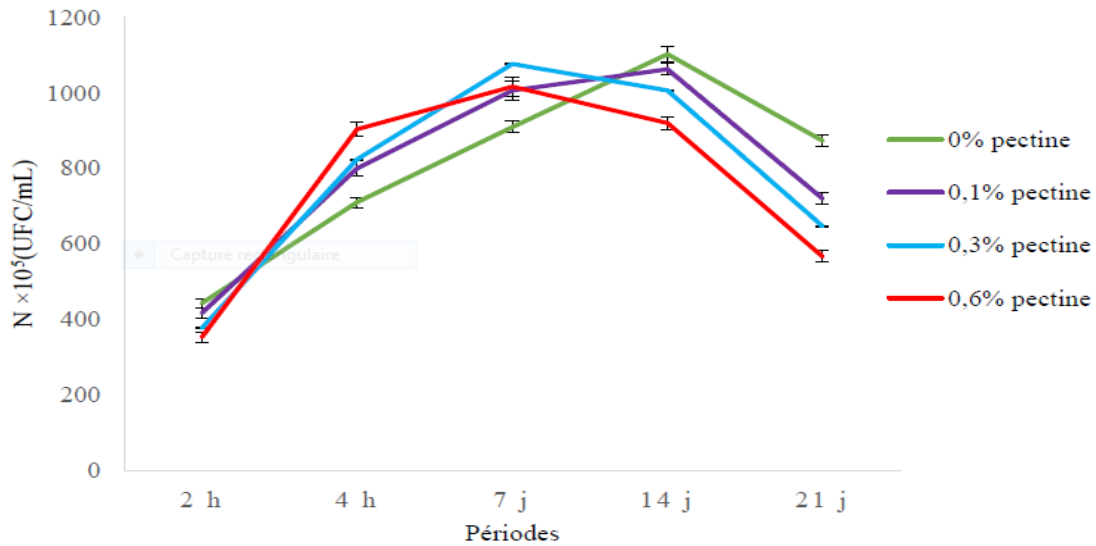
---

inversement proportionnel aux taux d'ajout de pectine ( $p > 0,05$ ) ; valeurs ( $433 \times 10^5$ ,  $417 \times 10^5$ ,  $407 \times 10^5$  et  $393 \times 10^5$  cfu/mL) au jour 7, ( $356 \times 10^5$ ,  $336 \times 10^5$ ,  $336 \times 10^5$  et  $323 \times 10^5$  cfu/mL)) au jour 14, et ( $250 \times 10^5$ ,  $207 \times 10^5$ ,  $180 \times 10^5$  et  $150 \times 10^5$  CFU/mL) après 21 jours de stockage au froid. L'analyse de variance montre un effet non significatif du taux d'incorporation de pectine sur la variation moyenne du nombre de *Streptococcus thermophilus* dans les laits fermentés expérimentaux pendant les périodes de fermentation et de post-acidification.

### **VI.2.2. *Lactobacillus bulgaricus***

Le nombre de *Lactobacillus bulgaricus* dans le yaourt additionné de pectine est passé de  $397 \times 10^5$  CFU/mL à 2 heures, à  $809 \times 10^5$  CFU/mL en moyenne après 4 heures de cuisson à la vapeur. Cette augmentation persiste jusqu'au 14ème jour de stockage avec une valeur moyenne allant jusqu'à ( $10 \times 10^7$  CFU/ml) au jour 7, ( $10 \times 10^7$  CFU/ml) au jour 14, suivie d'une diminution du nombre de lactobacilles. à ( $7 \times 10^7$  CFU/ml) en fin de conservation à 4°C

Heures de fermentation, le nombre de *Lactobacillus bulgaricus* augmente selon les taux variables de 0, 0,1, 0,3 et 0,6 % de la pectine incorporée ( $p < 0,05$ ) ; Les valeurs différaient significativement dans les produits et respectivement de ( $710 \times 10^5$ ,  $800 \times 10^5$ , à  $824 \times 10^5$ , et  $904 \times 10^5$  CFU/ml) après 4 heures de fermentation.



**Figure 9:** Variations du nombre de *Lactobacillus bulgaricus* (UFC/ml) des laits fermentés additionnés de la pectine

L'analyse de variance révèle l'effet significatif du taux d'incorporation de pectine sur l'évolution moyenne du nombre de *Lactobacillus bulgaricus* dans le yaourt expérimental pendant les périodes de fermentation et de post-acidification. 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.

*Streptococcus thermophilus* est stimulé par l'apport d'acide aminé et de petits peptides provenant de l'activité protéolytique de *Lactobacillus bulgaricus*. La stimulation de *Lactobacillus bulgaricus* est attribuée *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* vivent en à l'acide formique, à l'acide pyruvique et au dioxyde de carbone produit par *Streptococcus thermophilus*. Les deux espèces microbiennes sont des bactéries homo-fermentaire qui produit de l'acide lactique à partir du lactose du lait. La production de l'acide lactique conduit à un abaissement du pH. A l'approche de pH isoélectrique (pHi 4.6) les micelles de caséines perdent leur stabilité stérique, causant ainsi leur floculation, elles précipitent et forment un coagulum, **Loveday et al., 2013. Kumar et Mishra, 2004**, ont trouvé aussi que l'acidité lactique de yaourt augmente avec l'augmentation du taux d'addition de pectine de 0.2, à 0.4 et à 0.6%.

### VI.3. Qualité organoleptique des laits fermentés supplémentés de pectine

#### VI.3.1. Goût

Au cours de la période post-acidification, les yaourts supplémentés en pectine à (0, 0,1, 0,3 et 0,6 %) ont présenté des valeurs pour des sommes de rangs qui variaient de 31, 30, 19,5 et 19,5 des sommes de rangs au jour 1 à 33,5, 31,5, 21,5 et 13,5 après 21 jours de stockage à 4 °C, respectivement.

**Tableau 19:** Evaluation sensorielle du goût (sommes des rangs) des laits fermentés additionnés de pectine au cours de la période de post-acidification.

Période	Dose de la pectine incorporée (%)				Effet de d'incorporation de la pectine
	0 %	0.1 %	0.3 %	0.6 %	
1 j	31 <b>a</b>	30 <b>a</b>	19.5 <b>a</b>	19.5 <b>a</b>	*
7 j	28	29.5	22	20.51	NS
14 j	30.5 <b>a</b>	29.5 <b>a</b>	24 <b>ab</b>	16 <b>b</b>	**
21 j	33.5 <b>a</b>	31.5 <b>a</b>	21.5 <sup><b>b</b></sup>	13.5 <sup><b>c</b></sup>	**

Les résultats sont exprimés en sommes des rangs ; \*\* : Effet hautement significatif ( $p < 0.01$ ) d'ajout de pectine ; \* : Effet significatif ( $p < 0.05$ ) d'ajout de pectine ; NS : effet non significatif ( $P > 0.05$ ) d'ajout de pectine ; a, b, c : comparaison statistique des sommes des rangs.

Au cours de la période post-acidification, le jury a jugé bon le goût du yaourt expérimental ; L'amélioration du goût est proportionnelle aux niveaux de pectine ajoutée ( $p < 0,01$ ). Ceci a été clairement observé à la deuxième et à la troisième semaine de stockage ( $p < 0,01$ )

#### VI.3.2. Cohésivité

Pendant la phase de stockage, l'évolution des agrégats expérimentaux du score de consistance du yaourt tend à augmenter avec l'augmentation des taux de pectine ( $p < 0,01$ ) ; ou somme moyenne des lignes



(32,63, 35, 18, 14,63) pour les doses de pectine (0, 0,1, 0,3 et 0,6 %) incluses dans les produits respectivement.

**Tableau 20:** Evaluation sensorielle de la cohésivité (sommets de rangs) des laitsfermentés additionnés de pectine au cours de la période de post-acidification.

Période	Dose de la pectine incorporée (%)				Effet de l'incorporation de la pectine
	0%	0.1 %	0.3 %	0.6 %	
1 j	30.5 a	32 a	20 b	17.5b	**
7 j	33.5 a	35.5 a	18 b	13 c	**
14 j	33 a	36 a	17 b	14 b	**
21 j	33.5 a	35.5 a	17 b	14 b	**

Les résultats sont exprimés en sommets des rangs ; \*\* : Effet hautement significatif ( $p < 0.01$ ) d'ajout de pectine ; a, b, c : comparaison statistique des sommets des rangs

Après 21 jours de conservation, le yaourt additionné de 0,6% de pectine a obtenu les meilleures valeurs de consistance (14 lignes au total) ; D'autre part, ceux ajoutés avec 0, 0,1 et 0,3% ont des valeurs de cohérence modestes de 33,5, 35,5 et 17 sommets de rang, respectivement. L'analyse de la variance montre l'effet significatif du taux d'incorporation de pectine sur le développement de la consistance du yaourt expérimental lors du stockage au froid des produits pendant 21 jours d'une période après acidification.

### VI.3.3. Adhésivité

Pendant 21 jours d'entreposage au froid, tous les échantillons qui ont subi l'incorporation de quantités variables de pectine (0,1, 0,3 et 0,6 %) ont présenté des valeurs de la somme des grades avec une moyenne (26,25, 24 et 17) respectivement par rapport à la présence de le témoin (0% pectine) où ils étaient en train d'enregistrer une valeur moyenne (27,63). Il apparaît donc que l'adhésivité s'est améliorée avec l'augmentation du taux de pectine dans les produits

**Tableau 21:** Evaluation sensorielle de l'adhésivité (sommés de rangs) des laits fermentés additionnés de pectine au cours de la période de post-acidification.

Périodes	Dose de la pectine incorporée (%)				Effet de l'incorporation de la pectine
	0%	0,1 %	0,3 %	0,6 %	
1 j	17.5	20	23	19	NS
7 j	31 <sup>a</sup>	26.5 <sup>ab</sup>	26.5 <sup>ab</sup>	16 <sup>b</sup>	*
14 j	31 <sup>a</sup>	28.5 <sup>a</sup>	24.5 <sup>ab</sup>	16 <sup>b</sup>	*
21 j	31 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	22 <sup>ab</sup>	17 <sup>b</sup>	*

Les résultats sont exprimés en sommés des rangs ; \* : Effet significatif ( $p < 0.05$ ) d'ajout de pectine ; NS : Effet non significatif ( $p > 0.05$ ) ; a, b : comparaison statistique des sommés des rangs.

Le traitement statistique des résultats révèle que le taux d'incorporation de pectine a un effet significatif ( $P < 0,05$ ) sur l'évolution de l'adhérence du yaourt expérimental au cours de l'expérimentation.

Les paramètres organoleptiques relatifs à la texture du yaourt, l'adhésivité et la cohésivité, peuvent être appréhendé d'une manière similaire à celle de la viscosité ; sachant que le gel formé est un mélange de pectine et de caséine, et donc sa force ainsi que ces critères rhéologiques augmentent proportionnellement avec les taux de pectine incorporés (Laurent et Boulenguer, 2003).

Selon Bourgois et al., 1989, les espèces de *Streptococcus thermophilus* assurent le démarrage de la fermentation lactique, et se développent jusqu'à un certain pH du milieu (4,2) ; au-dessus de cette valeur, ces germes sont inhibés et ce sont les *Lactobacillus bulgaricus* qui prennent le relai, et achèvent la fermentation.

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. En ce qui concerne l'adhésivité et la cohésivité, les panelistes ont constaté une nette amélioration de ces critères en

---

fonction des taux de pectine ajoutés. Des résultats similaires ont été obtenus par **Kumar et Mishra, 2004** qui ont constaté une amélioration de l'adhésivité et la cohésivité des laits fermentés expérimentaux avec l'addition de pectine.

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. En plus il est bien établi que les germes spécifiques du yaourt dont particulièrement les *Streptococcus thermophilus* produisent dans le milieu durant la première phase de fabrication du lait fermenté des exopolysaccharides (EPS) qui sont des substances glucidiques constituées particulièrement de  $\beta$ -glucane, susceptibles de se lier au caséines du lait au cours de la fermentation tout en améliorant la qualité rhéologique des yaourts (**Lorient et al., 1985; Cerning et al., 1986; Rawson et Marshall, 1997**).

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'acétaldéhyde formé lors de la fermentation lactique est le constituant principal de la saveur spécifique du yaourt, **Sahan et al., 2008**. L'interaction entre les protéines du lait et la pectine conduit au dépliage des protéines ce qui rend accessible les groupements hydrophobes. Ces groupements fournissent des sites supplémentaires de fixation des composés volatiles, **Mao et al., 2014**. Ce qui provoque une diminution de la volatilité des composés d'arôme donc une meilleure saveur des laits fermentés additionnés de pectine.

---

# CONCLUSION

---

## CONCLUSION

Les additifs alimentaires sont bien connus. L'industrie alimentaire a changé depuis leur création. Nous utilisons des additifs alimentaires pour maintenir ou améliorer la sécurité, la fraîcheur, le goût, la texture ou l'apparence des aliments.

Les agents épaississants comme les 2 extraits, dans cette recherche (pectine et gélatine), se sont avérés avoir des propriétés très intéressantes autres que l'épaississement.

La gélatine et la pectine s'avèrent très efficaces pour conserver les produits laitiers en raison de leur capacité à abaisser le pH pendant la période de fermentation des produits laitiers. On note également qu'ils améliorent à la fois l'adhérence et la cohésion et diminuent l'activité de l'eau ce qui en fait théoriquement un bon conservateur en prolongeant la durée de conservation des produits laitiers.

---

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Ahmed S. M., Souac K.** 2019. Etude de la toxicité de certains additifs alimentaires (E102, E330) chez les Rattes wistar.

**Akhtar M., Dickinson E., Mazoyer, J., Langendorff, V.** 2002. Emulsion stabilizing properties of depolymerized pectin. *Food Hydrocolloids*. 16, 249 – 256.

**Amiji et al.,** 2007. Structure chimique de base de la gélatine.

**Apfelbaum M., Romon M.** 2009. Diététique et nutrition. (DEPRECIATED).

**Anderson C.T, Wallace I.S, Somerville CR,** 2012. Metabolic click-labeling with a fucose analog reveals pectin delivery, architecture, and dynamics in Arabidopsis cell walls. *Proc Natl Acad Sci U S A* 109:1329–1334.

**Andre M,** 2013. Les additifs alimentaires. Ed jouvence, P. (20-22-23).

**Andriamandroso A. M.** Etude du marché en additifs alimentaires utilisés en charcuterie-boucherie et en transformation laitière dans les Régions Analamanga et Vakinankaratra.

**Arioui F.,** 2017. These de Doctorat, Effet de certains additifs alimentaires naturels (pectine, gélatines et protéines de lactosérum) sur les qualités des laits fermentés, universite Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem, 167: P 41, 42-43, 60-70, 106-122, 123-124.

**Aimene, H.** 2015. Caractéristiques des additifs alimentaires utilisés en alimentation animale en Algérie (régions de l’Est) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri)

**AOAC,** 1980. Association of official analytical chemists -Official Methods of Analysis. 13th ed., Washington D.C.

**AOAC,** 1995. Association of Official and Analytical Chemists -Official methods of analysis of AOAC international (16th ed.). Washington, DC.

**Apfelbaum M., Romon M.** 2009. Additifs alimentaires. Diététique et nutrition (7e édition). Paris: Elsevier Masson, p. 470-86.

---

**Aykin D.E., Koc A., and Erba M.,** 2017. Extraction and physicochemical characterization of broiler (*Gallus gallusdomesticus*) skin gelatin compared to commercial bovine gelatin, Department of Food Engineering, Engineering Faculty, Akdeniz University 96:4124–4131, P 4-9.

**Badii F., Howell N.H.,** 2006. Fish gelatin: Structure, gelling properties and interaction with egg albumen proteins. *Food Hydrocolloids*,20: 630-640.

**Blain J.C.,** 2002. Introduction à la Nutrition des animaux domestiques. EM inter : Edition Medicals International. Edition Tec et Doc. Pp 32(4)-35(2)- 97(3)- 99(3).424p.

**Boran G., Regenstein J. M., Buckle K., Camire M. E., Clemens R., Heymann H., Hutkins R., Jackson R., Lelieveld H., Lund D. B., Weaver C., rolstad R.** 2010. Chapitre 5: Fish gelatin in advances in Food and Nutrition Reaserch, , volume 60, Elsevier, p: 120-140.

**Boussair L.** 2016. Additifs alimentaires en nutrition animale : cas des probiotiques et prebiotiques . Diplôme de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 2016. 68p. Disponible sur : <https://fshs.ummo.dz/handle/ummo/10274>( consulté le 13.07.2020).

**Broderick G. A., Reynal S. M.** 2009. Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(6), 2822-2834.

**Capel, F., Nicolai, T., Durand, D., Boulenguer, P., Langendorff, V.** 2006. Calcium and acid induced gelation of (amidated) low methoxy pectin. *Food Hydrocolloids*. 20, 901 – 907.

**Chaudry, M. M.** 1994. Is Kosher Gelatin Really Halal? *Islam Perspectif*. XI (1), 6, 13–28.

**Cheng, X. L., Wei, F., Xiao, X. Y., Zhao, Y. Y., Shi, Y., Liu, W., and Lin, R. C.** 2012. Identification of five gelatins by ultra-performance liquid chromatography/time-offlight mass spectrometry (UPLC/Q-TOF-MS) using principal component analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 62, 191–195.

**CODEX ALIMENTARIUS.** 2016. normes alimentaires internationales FAO OMS normes générale pour les additifs alimentaires REVISION 2016.

---

**Daher F.B., Braybrook S.A.** 2015. How to let go: pectin and plant cell adhesion. *Front Plant Sci* 6:523.

**Dierick N., Decuyper J., Molly K., Van Beek E. et Vanderbeke E.** 2002. The combined use of triacylglycerols containing medium chain fatty acids and exogenous lipolytic enzymes as an alternative to nutritional antibiotics in piglet nutrition. *Livestock Production Science*, 76 (2), 13-16.

**Directive du Parlement européen :** (94/34/CE ; 89/107/CEE)

**Du L., Khiari Z., Pietrasik Z., Betti M.** 2013. Physicochemical and functional properties of gelatins extracted from turkey and chicken heads. *Poult. Sci.* 92:2463–2474. doi 10.3382/ps.2013-03161.

**Drogoul C., Gadoud R., Joseph M., Jussiau R., Lisberney M., Mangeol B., Montméas L., Tarrit A.,** 2004. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Tome 2. PP 55(8)57-59-62-63-134-135-228(1)-254(2)-257(2-3)-258.P 267.

**Elatqy M.** 2011. Qualité et sécurité des aliments : Les outils qualité, Maroc.

**EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP).** 2012. Guidance for the preparation of dossiers for zootechnical additives. *EFSA Journal*, 10(1), 2536.

**FAO/OMS.** 1974. Evaluation de certains additifs alimentaires. 18em rapport du comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires -Rome 3-14 juin 1974.

**FAO/OMS.** 1974. Evaluation de certains additifs alimentaires. 18em rapport du comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires -Rome 3-14 juin 1974.

**Francoz E., Ranocha P., Burlat V., Dunand C.** (2015) Arabidopsis seed mucilage secretory cells: regulation and dynamics. *Trends Plant Sci* 20:515–524.

**GME.** 2005. Standard methods for the testing of edible gelatine, *Gelatine Monograph*. Gelatin Manufacturers of Europe.

**Gómez-Guillén M.C., Giménez B., López-Caballero M.E., Montero P.,** 2011. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids*, 25: 1813-1827.



---

**Haas K.T., Wightman R., Meyerowitz EM., Peaucelle A.** 2020. Pectin homogalacturonan nanofilament expansion drives morphogenesis in plant epidermal cells. *Science* 367:1003–1007.

**Hermanto S., and Fatimah W.** 2013. Differentiation of bovine and porcine gelatin based on spectroscopic and electrophoretic analysis. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*, 1(3), 68–73.

**Hotchkiss A.T., Savary B.J., Cameron R.G., Chau H.K., Brouillette J., Luzio, G.A.,**

**Fishman M.L.** 2002. Enzymatic Modification of Pectin To Increase Its Calcium Sensitivity while Preserving Its Molecular Weight. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (10), 2931 – 2937.

**Immoune, A.** 2015. These, Les additifs alimentaires utilisés en alimentation animale en Algérie. Université Mouloud Mammeri.

**International Dairy Federation.** 2003. Yoghurt: Enumeration of characteristic microorganisms –colony count technique at 37°C. IDF Standard No 117 E. Brussels.

**Jamilah B., Harvinder K.G.** 2002. Properties of gelatins from skins of fish-black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*). *Food Chemistry* 77: 81-84.

**Jaswir I., Mirghani M. E. S., Hassan T., Yaakob C. M.** 2009. Extraction and characterization of gelatin from different marine fish species in Malaysia. *International Food Research Journal*, 16, 381–389.

**Jridi M., Nasri R., Ben-salem R., Lassoued I., Barkia A., Nasri M., Souissi N.,** 2015. Chemical and biophysical properties of gelatin extracted from the skin of octopus (*Octopus vulgaris*). *Food Science and Technology*, 60: 881-889.

**Jridi M., Nasri R., Lassoued I., Souissi N., Mbarek A., Barkia A.,** 2013. Chemical and biophysical properties of gelatins extracted from alkalipretreated skin of cuttlefish (*Sepia*

---

officinalis) using pepsin. *Food Research International*,54: 1680 - 1687.

**Jeya Shakila R., Jeevithan E., Varatharajakumar A., Jeyasekaran G., Sukumar D.,** 2012. Functional characterization of gelatin extracted from bones of red snapper and grouper in comparison with mammalian gelatin. *LWT - Food Science and Technology*, 48: 30 – 36.

**JECFA,**1964. Specifications for identity and purity and toxicological evaluation of food colours. In,FAO Nutrition Meetings Report Series No. 38B. WHO, Geneva.

**JECFA,** 1996. Summary of evaluations performed by the joint FAO/WHO expert committee on food additives, 1956–1996. FAO/IPCS/WHO.

**Jussiau R. et Papet A.,** 2015. Lutte contre les résidus et les contaminants chimiques. In *Croissance des animaux d'élevage : bases scientifiques, itinéraires zootechniques et qualité des viandes*. Ed.Educagri.

**Koli, J. M., S. Basu, B. B. Nayak, S. B. Patange, A. U. Pagarkar, and V. Gudipati.** 2012. *Functional characteristics of gelatin extracted from skin and bone of tiger-toothed croaker (Otolithes ruber) and pink perch (Nemipterus japonicus)*. *Food Bioprod. Process.* 90:555–562.

**Kontogiorgos V.,** 2020. *Pectin: Technological and Physiological Properties*. Springer Nature AG, Cham, Switzerland, P 4, 17.

**Lassoued I., Jridi M., Nasri R., Dammak A., Hajji M., Nasri M., Barkia A.,** 2014.Characteristics and functional properties of gelatin from thornback ray skin obtained by pepsin-aided process in comparison with commercial halal bovine gelatin. *Food Hydrocolloids*, 41: 309 – 318.

**Le Hir A.** 2001. *Pharmacie Galénique- Bonnes Pratiques de Fabrication des Médicaments*, 8ème éd.. éd. Masson, Paris, PP.76- 78.

**Matougui A.** 2011.*Histoire des additifs alimentaires*, Toxikoa, 12p.

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

---

**Megheni N., Hamrani K.** 2017, Effets des additifs alimentaires sur les paramètres zootechniques et métaboliques chez les bovins « Etude bibliographique ».Diplôme de Docteur Vétérinaire. Université Saad Dahlab-Blida 1, 2017, 105 p. Disponible sur: 1373THV-1.pdf site:di.univ-blida.dz (consulté le11.07.2020).

**Morris G.A., Foster T.J., and Harding S.E.** 2002. A hydrodynamic study of the depolymerisation of a high methoxy pectin at elevated temperatures. *Carbohydrate Polymers* 48: 361–367.

**Nicolas J.L., Gatesoupe F.J., Frouel S., Bachere E. et Gueguen Y.** 2007. Quelles stratégies alternatives aux antibiotiques en aquaculture ? *INRA Prod. Anim.*, 20 (3),253-258.

**Ngouemazong E.D., Christiaens S., Shpigelman A., Loey, A.V., Hendrickx, M.** 2015. The emulsifying and emulsion - stabilizing properties of pectin: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 14, 705 - 718.

**Owens H.S., McCready R.M., Shepard A.D., Schultz T.H., Phippen E.L., Swenson H.A., Miers J.C., Erlandsen R.F. , Maclay, W.D.,** 1952.Methods used at Western Regional Research Laboratory for Extraction of Pectic Materials. pp. 9. USDA Bur. Agric. Ind. Chem.

**Parker.** 1974, probiotic, the other half of antibiotic strong,animal.nutr,health 29;4-8

**Park J.H., Choe H.W., Kim K.E., Hwang D.H., Song E.J., Yeo H.Y., Kim Y.S., Choi S.H., Lee and C.J. Kim.** 2013. Effects of various extraction methods on quality characteristics of duck feet gelatin. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 33: 162–169.

**Phillips G.O., Williams P. A.,** 2009. Handbook of hydrocolloids, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, USA, UK, India, p 149-150, 274.

**Popper Z.A, Fry S.C.** 2003.Primary cell wall composition of Bryophytes and Charophytes. *Ann Bot* 91:1–12.

**Rafieian, F., J. Keramat, and M. Shahedi.** 2015. Physicochemical properties of gelatin extracted from chicken deboner residue. *LWT-Food Sci. Technol.* 64:1370–1375

---

**Ratnasari I., Yuwono S.S., Nusyam, H., Widjanarko S.B.** 2013. Extraction and characterization of gelatin from different fresh water fishes as alternative sources of gelatin, *International Food Research Journal* 20(6): 3085-3091, P 4-7.

**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.

**Reynal B.** 2009. Les additifs alimentaires. Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires (4e ed): 3.

**Règlement (CE) No 1831/2003 du parlement Européen et du conseil du 22 septembre.** 2003 relatif aux additifs destinés à l'alimentation des animaux. *Journal officiel de l'Union européenne*. L 268/29-43p .

**Reyraud J.L.** 2014. Réduire les pertes d'azote dans l'élevage : Expertise scientifique collective. Quae, Versailles.167p.

**Ridley, B.L., O'Neil, M.A., Mohnen, D.** 2001. Pectins: structure, biosynthesis, and *oligogalacturonide-related signaling*, *Phytochemistry*. 57, 929 – 967.

**Riaz M.N., Chaudry M.M.,** 2019. Handbook of Halal Food Production. Taylor & Francis Group, LLC, USA, P 177-178.

**Sarboon N.M., Badii F., Howell N.K.** 2013. Preparation and characterisation of chicken skin gelatin as an alternative to mammalian gelatin. *Food Hydrocolloid*. 30:143–151.

**Schrieber R., Gareis H.,** 2007. Gelatin handbook: theory and industrial practice. Wiley Verlag Gmbh & Co. KGaA, Weinheim, P 45, 47, 48-53, 62, 104-107, 126-127.

**Synpa,** 2014. Revue 'En savoir plus', 3eme trimestre. Les additifs pour l'alimentation animale.Paris.

**Thibault J.F., Saulnier L., Axelos M.A.V., Renard C.M.G.C.** 1991. Difficultés expérimentales de l'étude des macromolécules pectiques. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 138, Actual. Bot. 138, 319 – 337.

---

**Trystram D., Chardon H., Pean Y., Delarbre J-M., Costa Y., Maugat S., Coignard B. et Jarlier V.** 2012. Réseau européen de surveillance de la résistance bactérienne aux antibiotiques: résultats 2001-2010 pour la France et place en Europe. BEH. 43 (1): 477-479.

**Tilly.** 2010. Structure de pectine.

**Sebaoui O., 2018.** These de Doctorat, 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, Université Mouloud Mammeri de Tiziouzuou, 150, P 10-13.

**Sinthusamran S., Benjakul S., Kishimura H.** 2014. Characteristics and gel properties of gelatin from skin of seabass (*Lateolabrax japonicus*) as influenced by extraction conditions. Food Chem. 152:276–284.

**Singh P., Benjakul S., Maqsood S., Kishimura H.,** 2011. Isolation and characterisation of collagen extracted from the skin of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). Food Chemistry, 124: 97–105.

**Shyni K., Hema G., Ninan G., Mathew S., Joshy C., Lakshmanan P.** 2014. Isolation and characterization of gelatin from the skins of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), dog shark (*Scoliodon sorrakowah*), and rohu (*Labeo rohita*). Food Hydrocolloid. 39:68–76.

**Shyni K., Hema G.S., Ninan G., Mathew S., Joshy C.G., Lakshmanan P.T.** 2014. Isolation and characterization of gelatin from the skins of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), dog shark (*Scoliodon sorrakowah*), and rohu (*Labeo rohita*). Food Hydrocolloids, 39: 68 – 76.

**Somia B., Khaoula G.** 2019. Risque toxicologique des additifs alimentaires sur la santé publique: enquête sur les produits mis sur le marché.

**Songchotikunpan et al.,** 2008, et Tabarestani, H.S., Maghsoudlou, Y., Motamedzadegan, A. and Sadeghi Mahoonak, A.R. 2010. Optimization of physico-chemical properties of gelatin extracted from fish skin of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). Bioresource Technology 101: 6207-6214.

**Surh J., Decker E. A., McClements J.,** 2006. Properties and stability of oil-in-water

**Tabarestani H.S., Maghsoudlou Y., Motamedzadegan A., Sadeghi Mahoonak A.R.** 2010. Optimization of physico-chemical properties of gelatin extracted from fish skin of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). *Bioresource Technology* 101: 6207-6214.

**UE.,** 2007. Les différentes catégories d'additifs en alimentation animale et leurs intérêts d'utilisation.

**Voragen AGJ., Coenen GJ., Verhoef R.P et al.** 2009 Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. *Struct Chem* 20:263–275.

**Ward A.G.** 1977. *The Science and Technology of Gelatine*, Academic press, London PP. 99, 159-207.

**Walsh G.,** 2014. *Proteins Biochemistry and Biotechnology*. John Wiley & Sons, Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK, p 394.

**Willats W.G.T., McCartney L., Mackie W., Knox J.P.** 2001. Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. *Plant Mol Biol.* 47, 9 - 27.

**Widyaninggar A., Triyana, K., Rohman A.** 2012. Differentiation between porcine and bovine gelatin in capsule shells based on amino acid profiles and principal component analysis. *Indonesian Journal of Pharmacy*, 23(2), 104–109.

**Wi S.G., Singh A.P., Lee K.H., Kim Y.S.** 2005. The pattern of distribution of pectin, peroxidase and lignin in the middle lamella of secondary xylem fibres in alfalfa (*Medicago sativa*). *Ann Bot* 95:863–868.

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

**Yoo S.H., Fishman M.L., Hotchkiss A.T., Lee H.G.** 2006. Viscometric behavior of high-methoxy and low-methoxy pectin solutions. *Food Hydrocolloids* 20: 62–67.