

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur  
et de la recherche scientifique  
Université Chadli Bendjedid  
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة الشاذلي بن جديد  
الطارف

كلية علوم الطباعة و الحياة

قسم العلوم الزراعية

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vi

Department des Sciences Agronomiques



Pour l'obtention du diplôme de Master 2 recherche l'intitulé du  
master  
« Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité »

THÈME

**Qualité physicochimique, microbiologique et  
organoleptique d'un yaourt étuvé fonctionnel  
fortifié par de la poudre de pelure de grenade**

Soutenu le : 24/06/2024

Présenté Par : M<sup>elle</sup> GOUASMIA Rayene

Devant le jury composé de :

ALAYET Amal	MCA	Présidente	UCBET
SEMAR Nedjma	MAA	Examinatrice	UCBET
BOUANANI SAMIA	MCA	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2023 – 2024

جامعة الشاذلي بن جديد الطارف - ب.ر.م 37 الطارف - الجزائر

Université Chadli Bendjedid d'El Tarf. BP : 73, El Tarf 36000 Algérie

فاكس + : 18.97/73.71.13.87 317 / الهاتف : +213 38.30.15.28

Téléphone : +213 38.30.18.93/09.43/ Fax : +213 38.30.15.28 <http://www.univ-eltarf.dz>

## ***Remerciements***

*Avant tout, le grand merci s'adresse au bon dieu le tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour pouvoir accomplir ce modeste travail.*

*Au terme de ce travail, nous tenon à exprimer notre plus sincère remerciement et notre profonde gratitude Mme **Bouanani Samia (MCA)** pour notre soutien et sa disponibilité permanente.*

*Nous exprimons ici notre gratitude et notre respect envers elle.*

*Nos remerciements vont particulièrement à :*

- Mme **ALAYAT Amal. (MCA)**, pour nous avoir fait l'honneur de présider notre jury.*
- Mme **Semar Nedjema. (MAA)** d'avoir accepté de faire partie de notre jury et de participer à l'évaluation de notre travail.*

*Nous remercions également l'ensemble du personnel de la laiterie Edough Annaba pour leur disponibilité et leurs précieux conseils et orientations qu'elles nous ont offerts pendant notre stage pratique.*

*Merci à l'ensemble des professeurs de l'université de **CHADLI Ben Djedid** à nos côtés tout au long de notre cursus universitaire.*

## *Dédicace*

*Tout d'abord on prie « ALLAH » de m'avoir donné la force et le courage  
De terminer mon étude.*

*J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail  
A la mémoire de ma **chère maman**, ma bon exemple dans la vie, j'ai  
tellement de chance que tu sois mama, à celle qui a sacrifié tout ce qui lui était cher  
pour m'apporter éducation, soutient, aide et encouragement pour être enfin qui je  
suis.*

*A mon cher **papa**, source de tendresse, d'amour, de paix et de joie.*

*A ma chère tente **Ouria ouanessa** tellement de chance que tu sois ma tente, je  
demande à dieu de te garder dans ces vaste paradis, et je sais que tu es fier de moi et  
d'où je suis maintenant.*

*A mon chère **frère** Mouhamed zin Edine « Hamouda »*

*A la petit onge bébé d'amour **ouais Rislen***

*A mes chères **sœurs** Abir, Samia et leur marie*

*A mes amis d'enfance **Amel, Ines, Sirine, Assma, Abir, Chaima, Fatma zahrha et  
Mariem***

*A tous ma famille en entier **Gouasmia***

*A tous mes collègues de promotion*

*A tous ceux que j'aime.*

## Résumé

Les sous-produits industriels de fruit sont devenus une source essentielle de produits bioactifs. Cette étude a examiné l'effet d'incorporation de la poudre de pelure réfrigérée de grenadier (*Punica granatum L*) sur la qualité d'un yaourt fonctionnel à différentes concentrations (2 %, 3 % et 4 %) durant 21 jours. Les paramètres physicochimiques (acidité, pH, cendres et l'extrait sec) des différentes formulations de yaourt, la teneur en polyphénols et l'activité antioxydante ont été analysés. Le profil microbiologique et sensoriel des échantillons a été également étudié après stockage. Une diminution des valeurs moyennes du pH et de l'extrait sec de l'échantillon Y4 a été observée durant le stockage (5,34 à 4,66) et (24,14 à 21,51), respectivement. Cependant, une augmentation de l'acidité et de la teneur en cendres a été enregistrée. Le yaourt enrichi présente des concentrations plus élevées en polyphénols totaux et une meilleure activité antioxydante comparé au yaourt témoin. Par ailleurs, l'analyse microbiologique a été satisfaisante et répond aux normes. Les résultats des attributs sensoriels des yaourts montrent une diminution avec l'augmentation de la concentration en PPG. Les échantillons de Yaourt Y2 (2%) et Y3 (3%) ont été les plus appréciés. Par conséquent, la PPG réfrigérée peut être utilisée comme source riche en molécules bioactives dans les yaourts fonctionnels en industrie agroalimentaire

### Mots clés :

Poudre de pelure réfrigérée, *Punica granatum L*, yaourt fonctionnel, stockage, Analyse physicochimique, microbiologique et sensorielle.

## **Abstract**

Industrial fruit by-products have become an essential source of bioactive products. This study examined the effect of incorporating refrigerated pomegranate (*Punica granatum L*) peel powder on the quality of functional yoghurt at different concentrations (2%, 3% and 4%) for 21 days. The physicochemical parameters (acidity, pH, ash, and dry extract) of the different yogurt formulations, the polyphenol content, and antioxidant activity were analyzed. The microbiological and sensory profiles of the samples were also studied after storage.

A decrease in the average pH and dry extract values of sample Y4 was observed during storage (5.34 to 4.66) and (24.14 to 21.51), respectively, while an increase in acidity and ash content was recorded. The enriched yogurt showed higher concentrations of total polyphenols and better antioxidant activity than the control yogurt. In addition, the microbiological analysis was satisfactory and met standards. The results of the sensory attributes of the yoghurts show a decrease with increasing PPG concentration. Yogurt samples Y2 (2%) and Y3 (3%) were the most appreciated. Therefore, chilled PPG can be used as a rich source of bioactive molecules in functional yogurts in the food industry.

### **Key words:**

Refrigerated peel powder, *Punica granatum L*, functional yogurt, storage, physicochemical, microbiological and sensory analysis.

## ملخص

أصبحت المنتجات الثانوية للفاكهة الصناعية مصدرًا أساسيًا للمنتجات النشطة بيولوجيًا. فحصت هذه الدراسة تأثير دمج مسحوق قشر الرمان المبرد (*Punica granatum L*) على جودة الزبادي الوظيفي بتركيزات مختلفة (2% و3% و4%) لمدة 21 يومًا. تم تحليل المعلمات الفيزيائية الكيميائية (الحموضة ودرجة الحموضة والرماد والمستخلص الجاف) لتركيبات الزبادي المختلفة ومحتوى البوليفينول والنشاط المضاد للأكسدة. كما تمت دراسة المظهر الميكروبيولوجي والحسي للعينات بعد التخزين. ولوحظ انخفاض في متوسط الأس الهيدروجيني وقيم المستخلص الجاف للعيونة Y4 أثناء التخزين (من 5.34 إلى 4.66) و (24.14 إلى 21.51) على التوالي. ومع ذلك، تم تسجيل زيادة في الحموضة ومحتوى الرماد. كان اللبن الزبادي المخصب يحتوي على تركيزات أعلى من البوليفينول الكلي ونشاط مضاد للأكسدة أفضل من اللبن الزبادي الخاضع للتحكم. بالإضافة إلى ذلك، كان التحليل الميكروبيولوجي مرضيًا ومطابقًا للمعايير. أظهرت نتائج السمات الحسية للزبادي انخفاضًا مع زيادة تركيز البوليفينول متعدد الفينول. كانت عينات الزبادي Y2 و Y3 الأكثر تقديرًا. ولذلك، يمكن استخدام زبادي PPG المبرد كمصدر غني بالجزيئات النشطة بيولوجيًا في الزبادي الوظيفي في صناعة الأغذية.

## الكلمات المفتاحية:

مسحوق القشر المبرد، بونيكاجراناتوم ل، الزبادي الوظيفي، التخزين، التحليل الفيزيائي والكيميائي والميكروبيولوجي والحسي

## Listes des figures

N°	Les figures	Page
<b>Figure 01</b>	Les bactéries lactiques du yaourt	6
<b>Figure 02</b>	Diagramme générale de fabrication de yaourt ferme et brassé	12
<b>Figure 03</b>	Le grenadier	17
<b>Figure 04</b>	Fleurs et fruit du grenadier	18
<b>Figure 05</b>	Écorce de fruit de grenade (Malicorium)	19
<b>Figure 06</b>	Principaux effets fonctionnels et médicinaux de la grenade	21
<b>Figure 07</b>	Les écorces de grenades	22
<b>Figure 08</b>	Lait UHT	23
<b>Figure 09</b>	Les ferments lactiques	23
<b>Figure 10</b>	Diagramme d'obtention de la poudre de pelure de grenade(PPG)	24
<b>Figure 11</b>	Diagramme de fabrication des yaourts étuvés	26
<b>Figure 12</b>	Mesure du pH des échantillons (lait + yaourt) analysés à l'aide d'un PH-mètre.	28
<b>Figure 13</b>	Mesure la densité du lait à l'aide d'un densimètre	29
<b>Figure 14</b>	Détermination de l'acidité de yaourt par titrage à l'aide d'hydroxyde de sodium	30
<b>Figure 15</b>	Détermination du taux de la matière grasse à l'aide d'un butyromètre	31
<b>Figure 16</b>	Détermination de l'extrait sec total de produit à l'aide d'un dessiccateur infrarouge	32
<b>Figure 17</b>	Incinération des échantillons de yaourt au four à 500°C	33
<b>Figure 18</b>	Photographie de cendres obtenues	33
<b>Figure 19</b>	L'enrichissement avant l'incubation et après l'incubation (YT, Y2, Y4)	36
<b>Figure 20</b>	L'enrichissement après l'incubation (Y3)	36
<b>Figure 21</b>	Dénombrement des moisissures et levures après l'incubation	37
<b>Figure 22</b>	Déroulement de la séance de dégustation vérifiée	39
<b>Figure 23</b>	Variation du pH en fonction du temps au cour de stockage pour le yaourtenrichi et le yaourt témoin.	41
<b>Figure 24</b>	Variation du l'acidité en fonction du temps au cour de stockage pour le yaourt enrichi et le yaourt témoin.	42

<b>Figure 25</b>	Variation du taux de l'extrait sec	43
<b>Figure 26</b>	Variation du taux d'humidité	25
<b>Figure 27</b>	Variation du taux de cendres	44
<b>Figure 28</b>	Variation du taux de polyphénols totaux	45
<b>Figure 29</b>	Variation du taux de l'activité antioxydante totale	46
<b>Figure 30</b>	Altération des l'échantillon du Yaourts Après 21jours de stockage.	48
<b>Figure 31</b>	Aspect des 4 meilleures formulations	48
<b>Figure 32</b>	Evaluation de caractéristiques sensorielles des yaourts préparés	49
<b>Figure 33</b>	Evaluation de la préférence globale. (b) Score moyen;(a) pourcentage des appréciations des échantillons des yaourts	50
<b>Figure 34</b>	Photo montrant les quatre produit finis utilisés pour le teste de dégustation	51

## Liste des tableaux

<b>N°</b>	<b>Le titre</b>	<b>page</b>
<b>Tableau I</b>	Types et caractéristiques des différents types de yaourts	7
<b>Tableau II</b>	La valeur nutritionnelle de différent yaourt	13
<b>Tableau III</b>	Principales études concernant l'enrichissement du yaourt naturel	16
<b>Tableau IV</b>	Classification de la grenade	18
<b>Tableau V</b>	Composition des différentes de formulation du yaourt	27
<b>Tableau VI</b>	Conditions des cultures de germes recherchés dans le yaourt	37
<b>Tableau VII</b>	Résultats d'analyse physico- chimique de lait UHT	40
<b>Tableau VIII</b>	Résultats des analyses microbiologiques des yaourts	47

## Liste des abréviations

**ABS:** Absence

**AFNOR:** L'Association Française de normalisation

**°C:** degrés Celsius

**D°:** Degré Dornic

**FAO:** Food and Agriculture Organization of the United Nations

**JORA:** Journal Officiel de la République Algérienne

**MG:** Matière grasse

**NaOH:** L'hydroxyde de sodium

**PH:** Potentiel Hydrogène

**T :** Température

**PPT:** Polyphénols totaux

**PPG:** poudre de pelure de grenade

**EST :** Extrait sec

## Sommaire

Remerciement	
Dédicaces	
Résumé	
Abstract	
Résumé en Arabe	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1

### Partie bibliographique

#### Chapitre 1: Généralité sur le yaourt

1.	Les laits fermentés	3
1.1	Généralité...	3
1.2	Définition et réglementation	3
1.3	Yaourt	3
1.3.1	Historique	3
1.3.2	Définition	4
1.3.3	Matière utilisées pour la production du yaourt	4
1.3.3.1	Le lait	4
1.3.3.2	La poudre de lait	4
1.3.3.3	Les ferments du yaourt	5
1.3.3.3.1	Streptococcus thermophilus	5
1.3.3.3.2	Lactobacillus bulgaricus	5
1.3.4	Différentes types du yaourt	6
1.3.5	Technologie de fabrication du yaourt	7
1.3.5.1	Réception du lait	7
1.3.5.2	Standardisation	8
1.3.5.3	Homogénéisation	8
1.3.5.4	Traitement thermique	8
1.3.5.5	Refroidissement	9
1.3.5.6	Ensemencement	9
1.3.5.7	Conditionnement	9
1.3.5.7.1	Yaourt ferme(Etuvage)	10
1.3.5.7.1.1	Arrêt de la fermentation par refroidissement	10
1.3.5.7.2	Yaourt brassé	10
1.3.5.8	Conservation et stockage	11
1.3.6	La valeur nutritionnelle du yaourt	13
1.3.7	Qualité du yaourt	13
1.3.7.1	Aspect physico-chimiques	13
1.3.7.2	Aspect hygiénique et qualité microbiologique	14
1.3.7.3	Aspect organoleptiques fermenté	14
1.3.7.4	Arome	14
1.3.7.5	Texture	15
1.3.8	Innovation et yaourt enrichi	15

#### Chapitre II La grenade

2.	Généralités sur la grenade	17
2.1	Description et classification botanique	17
2.2	Ecorce de grenade	18
2.2.1	Composition de l'écorce de grenade	19
2.2.2	Usage de l'écorce de grenade	19
2.2.2.1	Utilisation médicinale	20
2.2.2.2	Utilisation agro-alimentaire	20

#### Partie expérimentale

1.	Matériel et méthodes	22
1.1	Matériel	22
1.1.1	Matériel végétale	22
1.1.2	Matériel biologique	22

1.2	Méthodes	23
1.2.1	Préparation de la pelure de grenade	23
1.2.2	Elaboration d'un yaourt étuvé enrichi en PPG	25
1.2.3	Les différentes formulations du yaourt	27
1.2.4	Analyses du lait et des formulations du yaourt	27
1.2.4.1	Mesure du PH	27
1.2.4.2	Détermination de la densité	28
1.2.4.3	Détermination de l'acidité titrable (Dornic)	29
1.2.4.4	Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido- buyrométrique de gerber	30
1.2.4.5	Détermination de l'extrait sec totale(EST).....	31
1.2.4.6	Détermination de la teneur en cendre des yaourts	32
1.2.4.7	Détermination de la teneur en molécule actif et actif et activité anti oxydante	33
1.2.4.7.1	Préparation de l'extrait méthanolique	33
1.2.4.7.2	Dosage de polyphénols totaux	33
1.2.4.7.3	Mesure de l'activité antioxydante	33
1.2.5	Analyses de la qualité microbiologique	34
1.2.5.1	L'objectif de l'analyse microbiologique	34
1.2.5.2	Préparation les dilutions	34
1.2.5.3	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	34
1.2.5.4	Recherche et dénombrement de la staphylococcus aureus	35
1.2.5.5	Recherche et dénombrement des levures et moisissures	36
1.2.6	Analyses sensorielles des produits finis	37
1.2.6.1	Les caractères organoleptiques étudiés	38
1.2.6.2	Déroulement des séances de dégustation	38
1.2.6.3	L'analyse sensorielle	39

### Résultats et discussion

2.	Résultats et discussions	40
2.1	Résultats des analyses physico chimiques de la matière première	40
2.1.1	Lait UHT	40
2.2	Analyses physico-chimiques des yaourts enrichis en pelure de PPG	41
2.2.1	Evaluation du pH des yaourts enrichis en pelures au cours du stockage	41
2.2.2	Evaluation du l'acidité des yaourts enrichis en pelure au cours du stockage	42
2.2.3	Evaluation du l'extrait sec et l'humidité des yaourts enrichis en pelures au cours du stockage	43
2.2.4	Taux de cendres	44
2.2.5	Dosage de polyphénols totaux	45
2.2.6	L'activité antioxydante totale	46
2.3	Résultats des analyses microbiologiques des produits finis	47
2.4	Résultats des analyses sensorielles	48
2.4.1	La texture	49
2.4.2	La couleur	49
2.4.3	Le gout	49
2.4.4	Odeur	50
2.4.5	Viscosité	50
2.4.6	Préférence	50

### Conclusion

Conclusion et perspectives	52
Références bibliographiques	53
Annexes	68

# **Introduction**

## **Introduction**

Depuis toujours, les consommateurs ont considéré les produits laitiers comme des produits sains et font partie intégrante de leur régime alimentaire. Parmi ces dérivés laitiers, on retrouve le yaourt, qui est un lait fermenté produit par l'action de deux bactéries lactiques, à savoir *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Son importance nutritionnelle en fait le produit laitier le plus connu et le plus consommé. Il est également apprécié pour ses caractéristiques gustatives telles que la texture, l'arôme et la saveur, qui sont des critères de qualité qui déterminent l'acceptabilité et les préférences des consommateurs (**Bottazzi, 1973**). Cette caractéristique résulte du traitement thermique, de l'acidification et de l'activité protéolytique des bactéries. La consistance et la viscosité du yaourt sont pour une grande partie sous la dépendance de la teneur en matière sèche du lait (**Schuck et al., 2012**).

Le yaourt renferme des nutriments essentiels et forme une base riche en probiotiques, protéines, acides gras (oméga-3), fibres, vitamines et minéraux. Il est perçu comme une nourriture efficace qui a des propriétés thérapeutiques sur la santé intestinale, les fonctions cardiaques et la défense immunitaire naturelle chez l'homme (**Fisberg et Machado, 2015 ; Shori, 2020**).

La production industrielle du yaourt et sa conservation au froid lors de sa commercialisation soulèvent des problèmes de viabilité des ferments lactiques. Cela entraîne des modifications du pH, de la concentration d'acide lactique, de la rhéologie du produit, ainsi que des modifications des caractéristiques gustatives (**Irkin et Eren, 2008**) et des altérations organoleptiques et hygiéniques du produit, tels que la diminution du nombre de fleurs lactiques viables finales (**Abdelmalek et al., 2009 ; Saint-Eve et al., 2008**).

Le yaourt est généralement pauvre en certains composants. Cependant, les industries agroalimentaires optent à l'enrichissement de ce produit laitier par des antioxydants synthétiques afin d'augmenter leur durée de conservation (**Chouchouli et al., 2013**). Ces antioxydants, tels que l'hydroxyanisolebutylé (BHA) et l' $\alpha$  tocophérolsynthétique (E307), ont une utilisation restreinte dans les aliments car ils sont soupçonnés d'être cancérigène (**Madhavi et al., 1995**). Par conséquent, l'importance de la recherche et de l'exploitation des antioxydants naturels, en particulier d'origine végétale: l'extrait de la figue sèche (**Bousaba et Rabi, 2020**), poudre des dattes (**Bouteldja et Bouchatal 2020**) et pelure de banane (**Brahimi, 2018**) a considérablement augmenté ces dernières années (**Jayaprakasha et Rao, 2000**).

Il semble que l'écorce de grenade peut être une bonne source d'antioxydants naturels tels que les polyphénols. Sa composition phytochimique lui a attribuée plusieurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes contre la détérioration des produits alimentaires (**Al-Rawahi et al., 2014**). En outre, des études ont confirmé que la grenade possède des propriétés antidiabétiques et anticancérigènes (**Lairini et al., 2014**). L'activité antifongique de l'écorce de grenade a été également démontrée sur trois souches de *Candida albicans* (**Mabrouka et al., 2020**).

Sur le plan économique, l'utilisation de pelures de grenade dans les yaourts peut réduire les coûts de production en valorisant un sous-produit autrement jeté, ce qui peut potentiellement se traduire par des économies pour les fabricants et les consommateurs. Sur le plan écologique, réduire le gaspillage alimentaire en réutilisant les pelures de grenade contribue à la durabilité en limitant la quantité de déchets envoyés dans les décharges, ce qui peut avoir un impact positif sur l'environnement.

Notre travail a pour objectif l'élaboration de plusieurs formulations par incorporation de la poudre d'écorce de grenade réfrigérée. Une voie possible de valorisation de ce sous-produit, est de son introduction dans des produits alimentaires en tant qu'ingrédient, de façon à proposer des aliments enrichis en molécules fonctionnelles.

# **Partie bibliographique**

**Chapitre I**

**Généralités sur  
yaourt**

## **1 Les laits fermentés**

### **1.1 Généralités**

Dans diverses régions du monde, on trouve une grande diversité de laits fermentés, fabriqués principalement à partir du lait de différentes espèces animales telles que la vache, la chèvre, la brebis, la bufflesse, l'ânesse et la chamelle. Le terme "lait fermenté" désigne spécifiquement un produit laitier élaboré à partir de lait écrémé ou non, de lait concentré ou en poudre, pouvant être enrichi en composants laitiers ou non (**LUQUET et CARRIEU, 2005**). Cette pratique de fermentation du lait est ancienne, mais elle a connu une industrialisation et une popularité croissantes au cours des dernières décennies dans de nombreux pays (**TREMOLIERES et al., 1980**).

### **1.2 Définition et réglementation**

Conformément à la réglementation française, un produit laitier est considéré comme un lait fermenté s'il est élaboré uniquement à partir de matières premières laitières (lait et composants du lait), ayant subi un processus de pasteurisation suivi d'une fermentation par des micro-organismes spécifiques (l'ben, Raib, fromage et yaourt). Ce produit se caractérise par une teneur minimale en acide lactique de 0,6%. Il est possible d'ajouter certains ingrédients pour lui conférer des saveurs particulières, tels que du sucre, des arômes ou des préparations de fruits, à condition que cette addition ne dépasse pas 30% du poids total du produit fini (**JENTET et al., 2007**).

### **1.3 Yaourt**

#### **1.3.1 Historique**

Le terme "yaourt" (yoghourt ou yogourt), d'origine asiatique, dérive du mot turc "yoghurmak", signifiant "épaissir" (**Tamime et Deeth, 1980**). Depuis des siècles, les laits fermentés se voient attribuer de nombreux bienfaits pour la santé, allant de l'amélioration du bien-être à l'allongement de la durée de vie. Au XVI<sup>e</sup> siècle, le roi de France François I<sup>er</sup>, souffrant de diarrhées persistantes, tenta plusieurs traitements sans succès jusqu'à ce qu'un médecin turc lui fasse découvrir une recette secrète : celle du yaourt. Le roi se rétablit rapidement de son infection intestinale (**Adjtoutah et Boudraa, 2012**).

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, les travaux du biologiste Elie Metchnikoff, lauréat du prix Nobel de médecine en 1908 et travaillant à l'Institut Pasteur, ont joué un rôle majeur. Il a rédigé un ouvrage intitulé "La prolongation de la vie" dans lequel il avance notamment que la

Consommation de yaourts est essentielle pour maintenir une bonne santé intestinale. À cette époque, les premiers yaourts étaient même distribués en pharmacie (**De France, 1994**).

Traditionnellement, le yaourt dit "nature" et ferme était la principale variété de produits laitiers fermentés. Cependant, dans les années 1960-1970, sont apparus les produits sucrés, puis aromatisés et aux fruits. Actuellement, ces derniers dominent largement le marché (**BRULE, 2003**).

### 1.3.2 Définition

Selon le Codex Alimentarius, le yaourt est défini comme un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique, réalisée grâce à l'action de *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* (*Lb. bulgaricus*) et de *Streptococcus salivarius* sous-espèce *thermophilus* (*S. thermophilus*), à partir de lait frais ou pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec), avec ou sans l'ajout de substances telles que du lait en poudre, de la poudre de lait écrémé, des protéines lactosériques concentrées ou non, de la caséine alimentaire, etc. Les microorganismes présents dans le produit final doivent être viables et présents en quantité abondante, avec au moins  $10^7$  bactéries par gramme. La teneur en acide lactique libre ne doit pas être inférieure à 0,8 g pour 100 g lors de la vente au consommateur (**Mahaut et al., 2000**).

### 1.3.3 Matières utilisées pour la production du yaourt

#### 1.3.3.1 Le Lait

En France, lorsque nous parlons simplement de "lait", il s'agit généralement de lait de vache. Toutefois, il est important de se rappeler que d'autres types de laits provenant d'autres mammifères sont également utilisés, tels que le lait de brebis et le lait de chèvre. Dans certains pays, on utilise également le lait de bufflonne et le lait de jument. Juridiquement, « le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum » (**André Eck, 1975**)

Les laits provenant de différentes espèces animales représentent une source importante et relativement abordable d'acides aminés, d'acides gras essentiels et de calcium dans l'alimentation quotidienne. En plus du calcium, le lait est également riche en autres minéraux tels que le phosphore et le magnésium, ainsi qu'en vitamines du groupe B (B1, B2, B5 et B12) et en vitamine A. (**Kahina, 2010**)

#### 1.3.3.2 La poudre de lait

La poudre de lait est principalement composée de matière sèche provenant du lait, avec une très faible quantité d'eau (environ 2 à 5%). Sa caractéristique principale est sa capacité à être

stockée et transportée facilement. Elle est souvent utilisée comme matière première dans la Production de divers produits laitiers tels que les fromages, les laits fermentés et les crèmes glacées, en étant reconstituée par ajout d'eau. Cela en fait un ingrédient polyvalent et pratique pour l'industrie alimentaire. **(Boubchir-ladj, 2010)**

Les poudres de lait préparées avec un traitement thermique bas, souvent désignées par le terme "low heat" et caractérisées par un indice WPNI (indice de solubilité des protéines du lactosérum) égal ou supérieur à 6, présentent une faible quantité de protéines dénaturées. Elles sont particulièrement recherchées pour leurs propriétés de solubilité, de gélification et d'émulsion. Ces poudres de lait de haute qualité sont adaptées à une variété d'applications. Elles conviennent aussi bien à la préparation du lait de consommation que celui destiné à la fabrication de fromages. De plus, elles peuvent être utilisées pour la fortification des yaourts, ajoutant ainsi des protéines de haute qualité tout en préservant les caractéristiques fonctionnelles importantes pour ces produits laitiers. **(Nozinck, 1982 ; Modler, 1985)**

### 1.3.3.3 Les ferments du yaourt

#### 1.3.3.3.1 *Streptococcus thermophilus*

Il s'agit d'une bactérie cocci Gram positif anaérobie facultative, non mobile, que l'on retrouve dans les laits fermentés et les fromages **(Mouedden, 2009)**. Cette bactérie est résistante à la chaleur, au bleu de méthylène (à une concentration de 0,1%) et à certains antibiotiques. Elle peut survivre à un traitement thermique à 60°C pendant 30 minutes selon **le codex alimentarius (1975)**. Elle est principalement présente dans le lait et les produits laitiers sous forme de coques disposées en chaînes de longueurs variables ou par paires. Sa température optimale de croissance se situe entre 40 et 50°C. **(Labioui et al., 2005)**.

*Streptococcus thermophilus*, c'est son nom, est une bactérie homofermentaire qui produit principalement de l'acide lactique lors de la fermentation. Son spectre de fermentation est plus large que celui de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Elle dégrade préférentiellement le lactose et le saccharose, mais peut également fermenter le glucose et le fructose, produisant de l'acide lactique L(+) **(Terre, 1986)**. Il est important de noter que sa croissance peut être inhibée par des concentrations élevées en lactate, un produit de sa propre fermentation.

#### 1.3.3.3.2 *Lactobacillus bulgaricus*

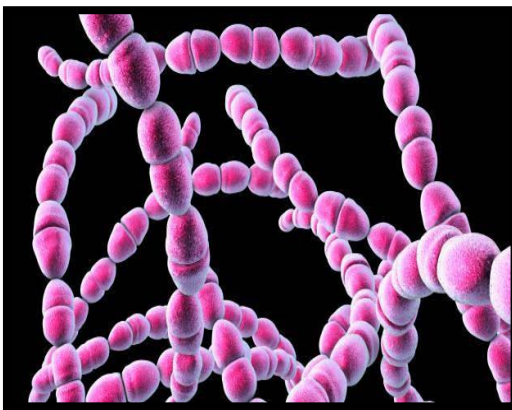
Il s'agit d'un bacille Gram positif, immobile et sporulé, se présentant sous forme de bâtonnets ou de chaînettes. Cette bactérie est micro-aérophile.

Elle possède un métabolisme strictement fermentaire, produisant exclusivement de l'acide

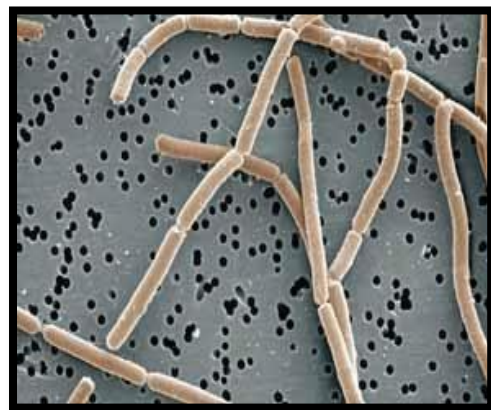
lactique comme principal produit final à partir des hexoses de sucres. Cependant, elle est incapable de fermenter les pentoses. *Lactobacillus bulgaricus* est une bactérie thermophile, nécessitant des concentrations élevées en calcium et en magnésium pour sa croissance optimale. Sa température optimale de croissance est d'environ 42°C.

Cette bactérie joue un rôle crucial dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques du yaourt, selon des études telles que celle de **Marty-Teyssset et al. (2000)**.

Ces deux bactéries lactiques tolèrent de faibles quantités d'oxygène, ce qui pourrait être lié à la production de peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dans les cellules en présence d'air. Le système le plus efficace pour neutraliser le peroxyde d'hydrogène est l'utilisation de l'enzyme catalase, mais les bactéries lactiques sont déficientes en cette enzyme. Elles possèdent plutôt une peroxydase (pseudo catalase) qui est moins efficace que la catalase. Étant donné cette incapacité à éliminer efficacement le peroxyde, ces bactéries lactiques sont qualifiées de micro-aérophiles. (**Doleyres, 2003**).



**A -Lactobacillus bulgaricus**



**B-Streptococcus thermophilus**

**Figure 01:** Les bactéries lactiques du yaourt (**Boubchir-Ladj, 2011**)

### 1.3.4 Différentes types du yaourt

Il existe plusieurs variétés de yaourts qui diffèrent par leur composition, leur technologie de fabrication et leur saveur le tableau ci-dessous résume les différents types de yaourts et leurs caractéristiques.

**Tableau I :** Types et caractéristiques des différents types de yaourts (Carole et Vingola, 2002).

Types	Caractéristiques
<p>a) <b>Selon la teneur en matière grasse :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Yaourt entier</li> <li>▪ Yaourt partiellement écrémé</li> <li>▪ Yaourt écrémé</li> </ul>	<p>MG minimum 3%</p> <p>MG moins de 3% et plus de 0,5%</p> <p>MG maximale 0,5%</p>
<p>b) Selon la technologie de fabrication :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Le yaourt étuvé ou ferme</b></li> <li>○ <b>Le yaourt brassé</b></li> <li>○ <b>Le yaourt à boire</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ce sont des yaourts nature ou aromatisé, qui ont une texture ferme à surface lisse incubé et refroidi en pot.</li> <li>• Il présente une texture presque fluide. Amené à une consistance crémeuse après coagulation, incubé en cuve et refroidi avant le conditionnement.</li> <li>• Similaire au type brassé mais dont le coagulum est réduit à l'état liquide avant conditionnement.</li> </ul>
<p>c) <b>Selon les additifs alimentaires :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yaourt aromatisé</li> <li>• Yaourt fruité</li> <li>• Yaourt light</li> </ul>	<p>Addition de l'arôme</p> <p>Addition de fruit</p> <p>Addition d'édulcorant sans sucre</p>

### 1.3.5 Technologie de fabrication du yaourt

#### 1.3.5.1 Réception du lait

Le lait destiné à la production de yaourt doit répondre à des normes de qualité bactériologique très strictes. Il doit présenter une faible teneur en bactéries et en substances qui pourraient entraver le développement du ferment lactique utilisé pour la fermentation du yaourt. De plus, il est impératif que le lait ne contienne ni antibiotiques ni bactériophages, qui pourraient perturber le processus de fermentation et altérer la qualité du produit final (Sodini et Béal, 2012). Il est essentiel d'établir dès la réception du lait ou de toute autre matière première des méthodes et des procédures rapides et simples pour détecter rapidement les anomalies et prévenir les éventuelles défaillances de contrôle (Amellal-Chibane, 2008).

### 1.3.5.2 Standardisation

Dans la fabrication du yaourt, une étape importante consiste à ajuster la composition du lait pour atteindre des niveaux standardisés de matière grasse et de protéines. Cette standardisation vise à garantir la cohérence des caractéristiques nutritionnelles et sensorielles des produits finis, ainsi qu'à maintenir une qualité uniforme tout au long de l'année (**Luquet et Corrieu, 2005**).

Pour standardiser le lait en matière grasse, on commence par écrémer le lait, puis on le mélange avec de la crème dans les proportions désirées. Ainsi, le lait standardisé en matières grasses doit être enrichi en protéines laitières pour produire un yaourt à la texture homogène et exempt de séparation de phase. Les quantités de protéines ajoutées varient en fonction de la texture recherchée. La méthode la plus couramment utilisée dans l'industrie pour fortifier le lait en protéines consiste à ajouter de la poudre de lait écrémé ou du lait concentré, selon les travaux de **Beal et Sodini (2003)**.

### 1.3.5.3 Homogénéisation

Pour éviter la séparation des matières grasses pendant la fermentation et améliorer la viscosité du yaourt, le lait est homogénéisé afin de réduire la taille des globules gras. Cette étape est cruciale pour maintenir la qualité du produit final (**Luquet, 1990**). De plus, elle contribue à réduire l'exsudation de sérum, également appelée synérèse, qui peut se produire lors du stockage du yaourt ferme (**Beal et Sodini, 2003**). L'homogénéisation peut être réalisée soit pendant la montée en température avant la pasteurisation, soit après. Elle est effectuée sous haute pression, généralement entre 100 et 300 bars, comme décrit par **Corrieu et Luquet (2005)**.

### 1.3.5.4 Traitements thermique

Une fois enrichi, le lait est soumis à un traitement thermique entre 90 et 95°C pendant 3 à 5 minutes pour éliminer tous les germes pathogènes et indésirables tels que les bactéries, les levures et les moisissures. La pasteurisation, étape suivante dans la préparation, se fait généralement à 90-95°C pendant 3 à 5 minutes. Il est important d'éviter une pasteurisation prolongée, car cela pourrait avoir un impact négatif sur le produit final.

Ce traitement a pour but de:

Détruire les micro-organismes pathogènes pouvant être présents et la plupart flore banale. Ainsi que d'inactiver les  $\alpha$ - globulines et de diverses enzymes telles que (phosphatase, peroxydase) et de favoriser le développement de la flore lactique spécifique (streptocoque thermophile) par la formation d'acide formique qui est un facteur de croissance (**Mahaut et al, 2000 ; Romain et al, 2008**). En fin, il modifie les équilibres salins, en entraînant une augmentation de la taille des micelles de caséines, de leur stabilité et de la qualité de l'eau liée (**Mahaut et al, 2000**).

### 1.3.5.5 Refroidissement

Après la pasteurisation le lait est refroidi à une température avoisinante de 43°C pour pouvoir inoculer les ferments lactiques (**Lapointe-Vignola, 2002**). Puis conservé quelques heures dans des cuves à basse température (**Luquet et Corrieu, 2005**).

### 1.3.5.6 Ensemencement

Après avoir été enrichi et soumis à un traitement thermique, le lait est refroidi à une température comprise entre 40 et 45°C, qui correspond à l'optimum de croissance symbiotique des bactéries lactiques, comme indiqué par **Loones (1994)**. Ces bactéries sont ensuite inoculées à un taux relativement élevé, variant de 1 à 7% pour une inoculation indirecte à partir d'un levain, avec un ratio de *Streptococcus thermophilus* à *Lactobacillus bulgaricus* de 1,2 à 2 pour les yaourts nature, et pouvant aller jusqu'à 10 pour les yaourts aux fruits, selon **Mahaut et al. (2000)**. L'inoculation directe à partir de bactéries lactiques concentrées et congelées se fait à des taux d'environ 0,03%. Un bon brassage est nécessaire pour obtenir un mélange lait ferments parfaitement homogène, comme recommandé par **Enkeljda (2004)**.

### 1.3.5.7 Conditionnement

Les yaourts sont emballés dans des pots en verre ou en plastique, produits soit dans des usines spécialisées, soit directement formés sur les machines de conditionnement, selon **Luquet (1990)**. Ensuite, ils sont placés dans des chambres froides à une température de 4°C pendant 12 à 24 heures afin de renforcer leur consistance sous l'effet du froid, comme mentionné par **Boubchir-Ladj (2011)**. Une fois ce processus terminé, les yaourts sont prêts à être consommés, et leur durée de consommation optimale est de 28 jours, conformément à **Pacikora (2004)**.

### **1.3.5.7.1 Yaourt ferme (Etuvage)**

La phase d'incubation correspond au processus de développement de l'acidité dans le yaourt. Elle se déroule à une température optimale comprise entre 42 et 45°C, et sa durée est influencée par l'activité des cultures, le taux d'ensemencement et la vitesse de refroidissement, comme indiqué par **Béal, C., et Helinck, S. (2019)**. Pendant cette étape, une partie du lactose est transformée en acide lactique, ce qui entraîne une diminution du pH du lait et une déminéralisation des micelles de caséine. Cette déminéralisation provoque une déstabilisation des micelles de caséine, conduisant à la coagulation du yaourt.

#### **1.3.5.7.1.1 Arrêt de la fermentation par refroidissement**

Lorsque l'acidité du yaourt atteint un niveau spécifique (70 à 80°D pour les yaourts étuvés, 80 à 100°D pour les yaourts brassés), il est nécessaire d'interrompre le processus d'acidification en inhibant le développement des bactéries lactiques. Cela est réalisé en abaissant considérablement la température, ce qui marque le début de la phase de refroidissement. Cette phase est conduite de manière différente selon le type de produit. Pour les yaourts étuvés, le refroidissement se fait en abaissant la température entre 2 et 4°C dans des chambres fortement ventilées. Pour les yaourts brassés, le refroidissement s'effectue en abaissant la température entre 2 et 4°C à travers des échanges avec des refroidisseurs à plaques tubulaires, comme décrit par **Luquet (1985)**.

#### **1.3.5.7.2 Yaourt brassé**

En cuve ou en tank, le laitensemencé est conservé à la même température que dans les pots (entre 42 et 46 °C) jusqu'à ce qu'il atteigne l'acidité désirée. Elle est généralement légèrement supérieure à celle du yaourt ferme : de 1 à 1,2 % d'acide lactique, ce qui correspond à 100 à 120 °Domic. La découpe et le brassage du caillé sont réalisés en utilisant l'un des procédés suivants : agitation mécanique à l'aide d'un brasseur à turbine ou à hélice ; passage du gel à travers un tamis ; homogénéisation à basse pression (**FAO, 1995**). Après avoir terminé le brassage, le caillé est immédiatement et rapidement refroidi à une température inférieure à 10 °C. Au cours de la réfrigération, le brassage du caillé permet d'améliorer l'onctuosité du produit. Ensuite, le yaourt est emballé en pots et conservé à une température de +2/+4 °C. Il est possible d'ajouter des arômes, des pulpes de fruits, etc. lors du remplissage des pots.

Avant l'incubation, il est possible d'ajouter du sucre, à condition de ne pas dépasser 6 % pour ne pas ralentir la fermentation. Afin de préserver la consistance semi-liquide du yaourt brassé, il est important que le mélange d'additifs (fruits + sucre) ne dépasse pas 15% (FAO, 1995).

### **1.3.5.8 Conservation et stockage**

En général, le yaourt est conservé au froid, à une température maximale de 8°C, pendant un maximum de 24 jours. Dans ces conditions, les bactéries présentes dans le yaourt ne se multiplient pas, mais elles conservent néanmoins une activité métabolique, comme le souligne **Hermier et al. (1996)**. Lorsqu'un contenant de yaourt est ouvert, il est recommandé de consommer son contenu rapidement afin d'éviter la prolifération de moisissures, favorisée par l'acidité du produit, comme indiqué par **Trémolière et al. (1984)**.

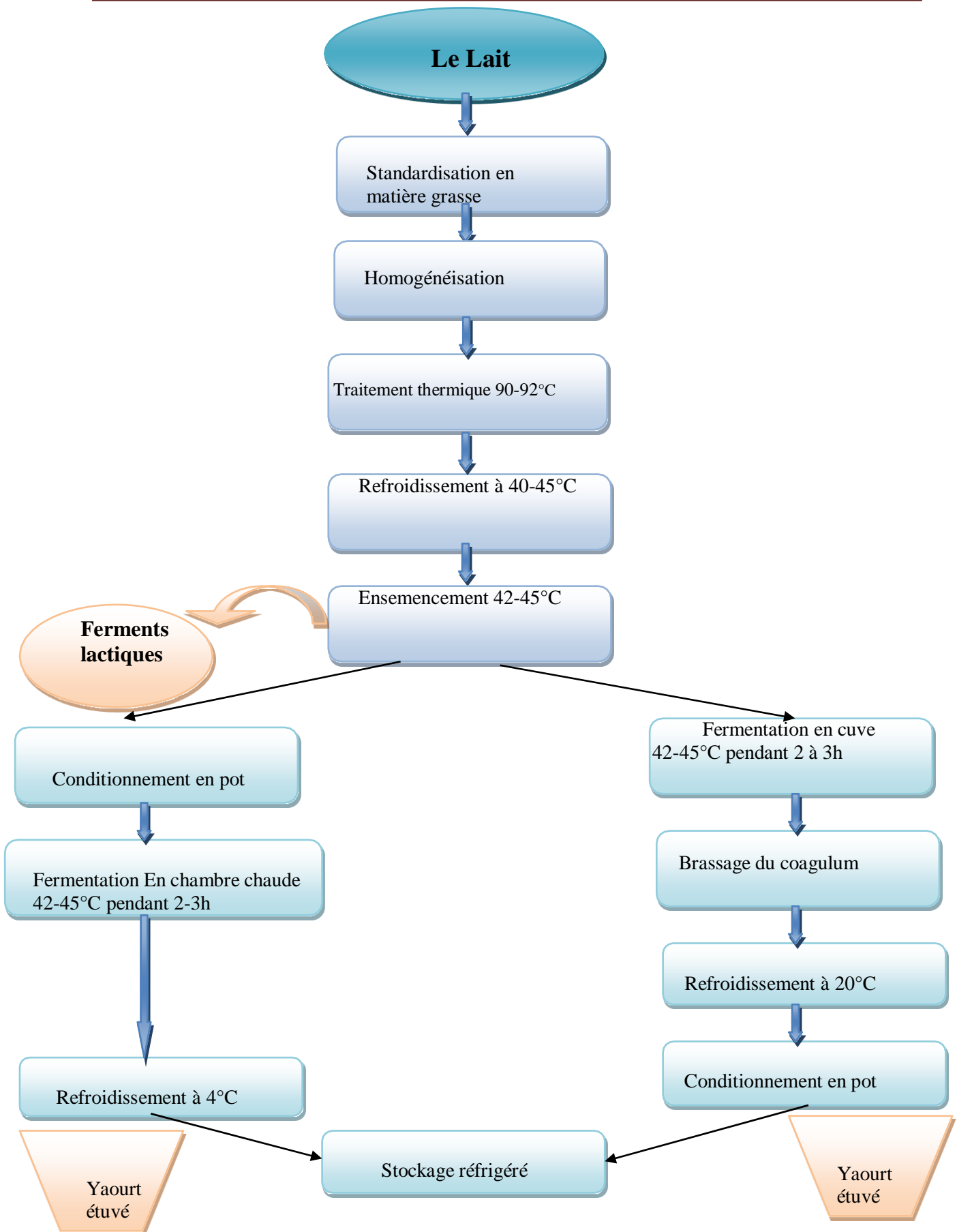


Figure 02 : Diagramme général de fabrication de yaourt ferme et brassé (Béal&Sodini, 2008)

### 1.3.6 La valeur nutritionnelle du yaourt

- Les meilleures valeurs nutritionnelles du yaourt résultent de la composition du lait après sa modification, donc selon (Beal et sodini, 2012), le yaourt est :
- Une bonne source de protéines.
- Une bonne source de minéraux, comme le calcium.
- Une bonne source de molécules biologiques, comme les vitamines (vitamine de groupe B et vitamine D) ou les facteurs de croissance (acides gras essentiels, acides aminés,...)

Le tableau II indique la composition nutritionnelle de différent yaourt.

**Tableaux II:** La valeur nutritionnelle de différent yaourt

Types de yaourt	Protides(g)	Lipides(g)	Glucides(g)	Calcium(g)	Kcal	KJ
Yaourt nature au lait partiel (écrémé)	5,4	1.5	6.2	0.185	60	251
Yaourt nature maigre (lait écrémé)	5.6	0.3	5.6	0.185	51	213
Yaourt nature au lait entier	5.2	4.3	6.2	0.194	84	351
Yaourt maigre aux fruits	4.5-5	0.3	13.7	0.175	106	443
Yaourt au lait partiel (écrémé et aux fruits)	91.8	77.6	3.2	0.0152	1.69	7.07
Yaourt au lait entier et aux fruits	4	3.3	23.7	0.175	140	585
Yaourt aromatisé partiel écrémé sucre	4.8	1.3	17.5	0.175	101	422

(Beal et Sodini,2012)

### 1.3.7 Qualité du yaourt

#### 1.3.7.1 Aspects physico-chimiques

Le yaourt doit répondre aux caractéristiques suivantes :

- Couleur franche et uniforme ;
- Goût franc et parfum caractéristique ;
- Texture homogène (pour le yaourt brassé) et ferme (yaourt étuvé). (Boubchir, 2014)

### 1.3.7.2 Aspects hygiéniques et qualité microbiologique

La préservation de la qualité microbiologique du lait et de ses dérivés, tels que le yaourt, est affectée par plusieurs facteurs, notamment la flore initiale du lait cru, les conditions de transformation, et les risques de contamination post-traitement thermique. Les micro-organismes les plus fréquemment cités et détectés dans les produits laitiers comprennent les psychrophiles à Gram négatif, les coliformes, les levures et les moisissures. En outre, diverses bactéries pathogènes telles que *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica*, ainsi que des souches toxigènes d'*E. coli* et de *Staphylococcus aureus* peuvent être présentes dans le lait et ses dérivés.

Selon la **Norme nationale 1998**, N°35 publiée au Journal Officiel, le yaourt doit être exempt d'agents pathogènes. Actuellement, la maîtrise de ces dernières nécessite la mise en place d'un système de contrôle et de surveillance.

La préservation de la viabilité des bactéries lactiques constitue un défi majeur au cours de la fabrication des produits laitiers fermentés, notamment pendant le stockage, en raison de leur courte durée de vie.

Les principaux facteurs responsables de la diminution de la viabilité des bactéries lactiques ont été identifiés comme étant la baisse du pH du milieu et l'accumulation d'acides organiques résultant de la croissance et de la fermentation (**Analie et Vilojoen, 2001**).

### 1.3.7.3 Aspects organoleptiques fermenté

Pendant tout le processus de fabrication, maintenir une texture uniforme et une consistance constante est crucial. L'objectif principal de la production de yaourt est d'assurer une durée de conservation optimale. Il est possible que la fermeté du yaourt ne soit pas altérée pendant le stockage (**Shakeel Hanif et al, 2012**).

### 1.3.7.4 Arôme

Les composants aromatiques qui influent sur la saveur finale du yaourt peuvent être classés en quatre catégories : les acides non volatils (tels que l'acide lactique et l'acide pyruvique), les acides volatils (comme l'acide butyrique et l'acétique), les composés carbonylés (tels que l'acétaldéhyde et le diacétyl), et divers autres composés (notamment les acides aminés et les produits de dégradation thermique).

Pour une dégustation optimale, le yaourt est idéalement servi à environ 10°C ; en dessous de cette température, la saveur peut être altérée en raison du froid. Les composants volatils, connus pour leur contribution à l'arôme du yaourt, tendent à diminuer pendant le stockage à moins de 8°C. Au-delà de 10°C, le produit risque de perdre sa fraîcheur (**Serra et al, 2009**).

### **1.3.7.5 Texture**

Les variations de texture entre les yaourts peuvent être attribuées au type de lait utilisé ainsi qu'à leurs différences compositionnelles (**Shakeel Hanif et al, 2012**). Par exemple, un taux élevé de matière sèche totale est associé à une augmentation de la fermeté du gel et à une réduction du phénomène de syneresis (**Mohamed et al, 2004**). Concernant le goût, la détérioration de celui-ci dans le yaourt peut être causée par l'augmentation de l'acidité, l'oxydation des graisses ou l'hydrolyse des protéines (**Shakeel Hanif et al, 2012**). De plus, l'activité protéolytique des bactéries lactiques peut avoir des conséquences néfastes sur le lait fermenté. Par exemple, la production de peptides amers est principalement attribuée à la protéolyse par *Lb. delbrueckii ssp bulgaricus* pendant le stockage (**Gürsoy et al, 2010**).

### **1.3.8 Innovation et yaourt enrichi**

Le yaourt occupe une place de choix dans le domaine de l'alimentation. Au cours des dernières décennies, la prise de conscience grandissante des avantages du yaourt pour la santé, l'innovation des produits et la disponibilité de diverses saveurs et variétés de yaourts ont joué un rôle majeur dans l'augmentation de sa consommation (**Amouchas et Abed, 2022**).

Les scientifiques et les industriels ont été intéressés par l'enrichissement des yaourts avec des composés bioactifs naturels provenant de différents fruits et légumes. Par conséquent, des yaourts fonctionnels novateurs ont été créés qui ont des propriétés améliorées et bénéfiques pour la santé (**Brahmi et al., 2022**).

Le tableau **III** ci-dessous présente quelques exemples de yaourts enrichis par des produits naturels.

Tableaux III: Principales études concernant l'enrichissement du yaourt naturel

<b>Produits naturels employés dans le processus d'enrichissement</b>	<b>Conséquences de l'enrichissement</b>	<b>Références</b>
<b>Polyphénols de pelure de pomme</b>	L'amélioration des sensations sensorielles et de l'activité antioxydante, ainsi que la viabilité accrue des probiotiques.	<b>Ahmad et al., 2020</b>
<b>Marc de pomme</b>	En tant que stabilisant naturel riche en fibres alimentaires, il renforce la fermeté, la cohésion, la viscosité et diminue la libération de lactosérum lors de l'entreposage au froid.	<b>Wang et al., 2020</b>
<b>La peau de noisette.</b>	La viabilité accrue des bactéries, leur capacité de rétention d'eau et leur capacité antioxydante sont améliorées.	<b>Dinkçi et al., 2021</b>
<b>Extrait de pourpier commun</b>	Une excellente source de composés performants.	<b>Salehi et al., 2021</b>
<b>Poudres de pelures de pomme, et de pépins de raisin</b>	Des caractéristiques physico-chimiques et sensorielles améliorées.	<b>Brahmi et al., 2021</b>
<b>Extrait de feuille d'argel (Solenostemma argel Hayne)</b>	Mieux être physiquement, nutritionnellement, antioxydant et sensoriellement.	<b>Ahmed et al., 2021</b>
<b>Epluchures de pomme de terre</b>	Plus grand nombre de composés phénoliques totaux et d'activité antioxydante.	<b>Brahmi et al., 2022</b>

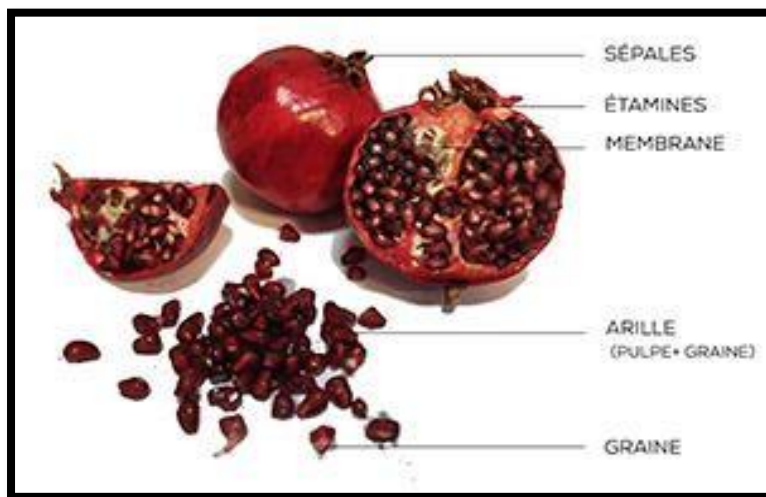
## **Chapitre II**

# **La grenade**

## 2. Généralités sur la grenade

Le grenadier (*Punica granatum L.*) est l'un des fruits les plus anciens à être consommés, principalement cultivé en Méditerranée (Heber et al., 2006). Depuis longtemps, diverses civilisations anciennes ont utilisé l'écorce et ses fleurs pour leurs diverses propriétés thérapeutiques, notamment leur activité antimicrobienne, anti-inflammatoire et antioxydante, entre autres.

Selon plusieurs chercheurs, les produits dérivés de la grenade sont utilisés de nos jours pour prévenir et traiter de nombreuses maladies (M. K. Reddy et al., 2007) ; (Johanningsmeier & Harris, 2011), car il est l'un des fruits les plus riches en composés phénoliques tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les tannins hydrosolubles et la condense (zaouay et al.,2012).



**Figure 03:** Le grenade (*Punica granatum L.*) (chikh, 2019)

### 2.1 Description et classification botanique

Le grenadier est un arbuste de 1,5 à 5 m de haut, aux branches plus ou moins irrégulières et épineuses, aux feuilles plus ou moins verdâtres. Selon Shaygannia et al. (2016), elle se présente sous la forme d'un arbuste à feuilles caduques dans les régions tempérées et d'un feuillage persistant dans les régions glaciales. Il a été cultivé pendant longtemps uniquement pour ses fruits ornementaux et comestibles. Sa graine est riche en graines, chacune entourée d'une pulpe gélatineuse rouge foncé, le tout recouvert d'une peau dure (écorce), de couleur jaune à rouge foncé. Son nombre de fleurs varie de 1 à 5, dont l'une est terminale et les autres marginales, courtes ou sans pédoncules, rouges et rarement jaunes ou blancs, inodore et bisexuel. Le fruit est d'un rouge clair à jaune verdâtre, rarement violet foncé chez certaines espèces. Son diamètre varie de 5 à 20 cm et son poids oscille entre moins de 200g et plus de

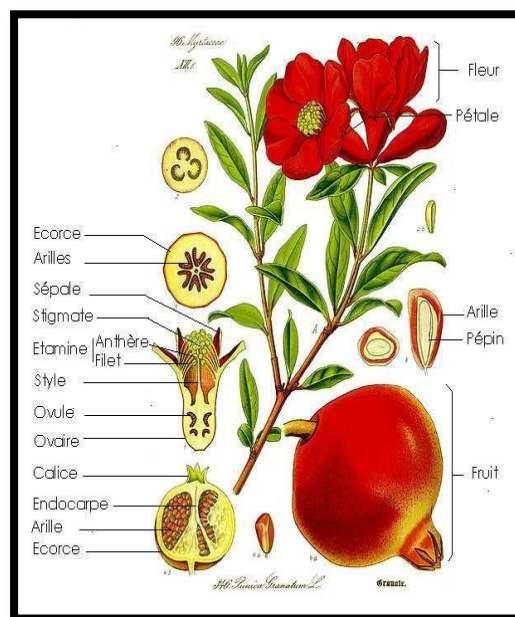
800g. La production de graines est élevée, elles sont de forme triangulaire, dépourvues d'albumine et incorporées dans l'arille (**Shaygannia et al., 2016**).

Le grenadier *Punica granatum* a été décrit par Linnaeus et introduit dans sa classification en 1753. Voici la classification selon **Mohamed Amine Ben Abdennebi (2012)** aboutissant à la classification phylogénétique APGII, qui comprend 457 familles regroupées en 45 ordres.

Le tableau IV ci-dessous présente la classification du le grenadier *Punica granatum*.

**Tableaux IV : Classification de la grenade (Mohamed Amine Ben Abdennebi (2012)**

<b>Règne</b>	plantae
<b>EMB</b>	spermaphytes
<b>Sous emb</b>	angiosperme
<b>Classe</b>	magnoliopsida
<b>Ordre</b>	mytales
<b>Famille</b>	punicaceae
<b>Genre</b>	punica
<b>Espèce</b>	punicagranatum



**Figure 04 : fleurs et fruit du Grenadier (*Punica granatum* L.) (Miloud, 2019).**

## 2.2 Ecores de grenade

La peau de la grenade est constituée à 80% d'eau, de polysaccharides complexes ( $\approx 8\%$ ), dont des polysaccharides solubles ( $\approx 5\%$ ), tels que des pectines et de l'hémicellulose. Selon **Spilmon (2013)**, elle renferme également des minéraux tels que le potassium, le calcium, le magnésium, le phosphore et le sodium.

Le fruit contient une grande quantité de flavonoïdes et de tanins dans son écorce (**Lansky et Newman, 2007**). Selon **Seeram et Schulman (2006)**, il renferme environ 25 % d'ellagitanins tels que la punicaline, la punicalagine, la corilagine, la granatine A et la granatine B, ainsi que des flavonoïdes tels que la lutéoline, la quercétine et le punicalin, qui sont propres à la grenade.

Deux acides hydroxybenzoïques majeurs sont présents dans l'écorce du fruit, l'acide gallique

et l'acide éllagique. De plus, elle renferme de nombreux molécules d'ellagitanins, tels que la punicaline, la punicalagine, la corilagine, la granatine A et la granatine B, qui sont responsables de la coloration jaune et de l'anthocyanidine, qui sont responsables de la couleur rouge des grenades. Selon **Hmid (2013)**, l'écorce de grenade contient également de l'acide gras, des catéchines, des quercitrines et des rutines.



**Figure 05 : Écorce de fruit de grenade (Malicorium) Dib et al.,(2023).**

### **2.2.1 Composition de l'écorce de grenade**

L'écorce de grenade contient une grande quantité de composés phytochimiques. Selon des recherches, l'écorce contient des substances bioactives, telles que des acides phénoliques, des flavonoïdes et des tanins. Les acides hydroxy benzoïques (Acide gallique et Acide ellagique) sont les principaux acides phénoliques primaires identifiés (**Mena et al., 2012**). Elle contient. Des acides hydroxy cinnamique, notamment l'acide caféique et l'acide chlorogénique (**Van Elswijk et al., 2004**), des dérivés de flavones, des molécules de coloration jaune, et des anthocyanidines, qui sont responsables de la teinte rouge des grenades. Selon **Lansky & Newman (2007)**, les tanins identifiés sont les ellagitanins (punicaline, punicalagine, granatine A et granatine B). Selon **Wald (2009)**, ces tanins constituent jusqu'à 28% de la peau du fruit.

### **2.2.2 Usage de l'écorce de grenade**

Le grenadier, *Punica granatum L.*, et ses fruits, graines et écorces sont employés depuis des milliers d'années pour leurs vertus médicinales dans diverses régions de son origine. Selon **Olapour & Najafzadeh (2010)**, la principale caractéristique de l'écorce de grenade utilisée en médecine populaire est son goût astringent prononcé. C'est pourquoi elle est souvent utilisée sous forme de décoction (l'écorce est bouillie dans l'eau pendant 10 à 40 minutes) pour traiter la dysenterie, la diarrhée, les aphtes et l'hygiène buccale. On peut utiliser

La décoction comme bain de bouche.

Dans la médecine traditionnelle, il a été employé pour soigner diverses affections. Les écorces de fruits ont des propriétés curatives pour la diarrhée, l'arrêt des saignements et la guérison des ulcères (**Jyotsana & Maity, 2010**), ainsi que pour contrôler l'inflammation et traiter les problèmes digestifs et les maladies gastro-intestinales (**Ghazaleh et al., 2013**). Selon **Mirdehghan et Rahemi (2007)**, la décoction d'écorce de grenade est extrêmement efficace à la fois par voie orale et intravaginale pour prévenir la fertilité et l'avortement, ainsi que pour améliorer différents problèmes.

Outre leurs usages traditionnels au fil du temps, les grenades et leurs différentes composantes sont employées comme médicaments dans le domaine pharmaceutique pour soigner diverses affections. Ils peuvent être utilisés comme des antioxydants (**Akhavan et al.**), des agents anti-tumoraux (**Surveswaran et al., 2007**) ou des agents anti-hépatotoxiques (**Wu et al., 2007**).

et favoriser la santé des vaisseaux sanguins (**Celik et al., 2009**). Antimicrobien (**González-Sarrías et ses collègues, 2015**) Pour la protection des maladies dentaires, la prévention de la maladie d'Alzheimer (**Olapour & Najafzadeh, 2010**), l'arthrite et l'obésité (**Mirdehghan & Rahemi, 2007**), ainsi que pour la prévention des maladies dentaires, la prévention de l'infertilité chez l'homme, l'arthrite et l'obésité (**Devatkal et al., 2010**).

#### **2.2.2.1 Utilisation médicinale**

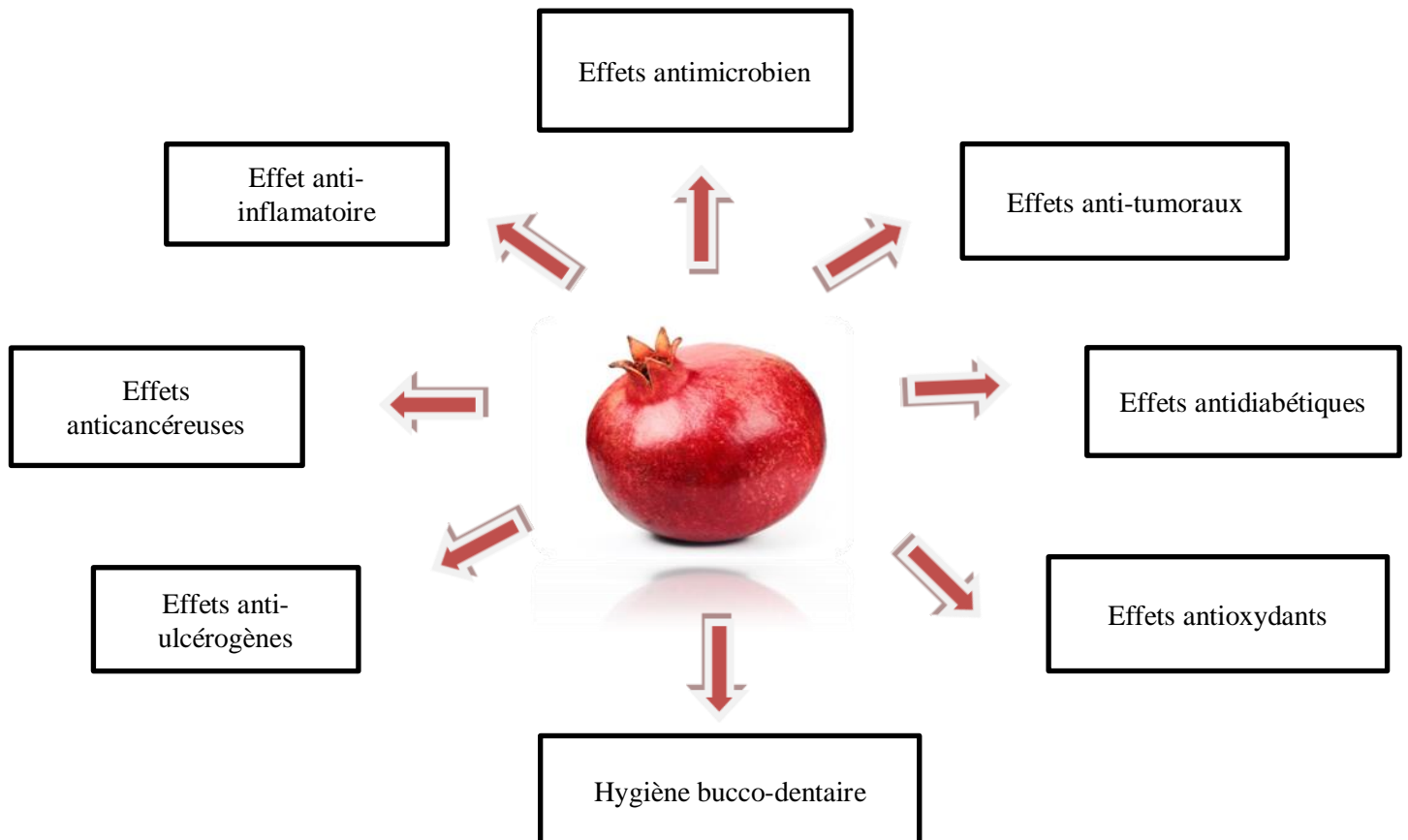
Dans la médecine traditionnelle, les fleurs de la plante ont été employées comme décoction pour soigner la diarrhée simple, les pertes vaginales, et cet extrait, associé à l'écorce de grenade, a été généralement employé pour soulager l'inflammation du pancréas (**Lansky et al., 2000**). Le fruit, qui est riche en tanin, est recommandé pour soigner les affections de la vésicule biliaire, la diarrhée classique et la dysenterie (**Schubert et al., 1999**). La graine de grenade est couramment utilisée pour traiter les pertes vaginales des femmes et la cicatrisation des plaies en raison de sa teneur en tanin.

Les alcaloïdes présents dans les écorces de racines fraîches ou séchées, ainsi que dans les extraits éthanoliques de grenade, sont employés pour lutter contre les entéropathes. Elle est également utilisée en médecine traditionnelle en raison de ses propriétés antibactériennes et anti-inflammatoires (**shaygannia et al., 2016**).

#### **2.2.2.2 Utilisation agro-alimentaire**

L'utilisation du grenade permet de produire différents produits alimentaires, tels que des grains entiers crus ou préparés de différentes façons, des jus, des sirops, des confitures, des

gelées, des grains séchés, des fibres et des écorces séchées pour faire des infusions (astringents ou vermifuges). Selon **Moreno & Valero (1992)**, les grains renferment des acides gras, des anthocyanes, des tanins, des pinicalagines, des acides ellagiques, des vitamines, des minéraux, des fibres brutes, des sucres, des acides organiques, et bien d'autres éléments.



**Figure 06** : principaux effets fonctionnels et médicinaux de la grenade (**Viuda-Martos et al., 2010**).

# **Partie expérimentale**

## **1. Matériel et méthodes**

Le contrôle de la qualité des produits laitiers permet de garantir la commercialisation de produits sécurisés (à l'exception des risques microbiologiques, chimiques ou physiques) en respectant les réglementations en vigueur. En outre, les vérifications garantissent que les contrôles laits fermentés possèdent les propriétés organoleptiques nécessaires et attendues par le consommateur (viscosité, odeur, texture et couleur) et que ces propriétés restent constantes tout au long de la durée de commercialisation.

Les travaux actuels sont principalement réalisés à la laiterie EDOUGH Annaba et le deuxième volet de ce travail qui comporte certaines des analyses physico chimiques a été réalisé au niveau du laboratoire de biochimie au sein de l'université Chadli Ben Djedid El-tarf.

L'objectif de notre travail expérimental comprenait le suivi des analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles des différentes doses de la PPG (0%, 2%,3% et 4%) du lait fermenté type yaourt étuvé. Le contrôle de la qualité de des échantillons de yaourts a été réalisé pendant 21 jours.

### **1.1 Matériel**

Le matériel utilisé dans cette étude, comme l'appareillage, la verrerie et les petits matériels, est cité dans l'annexe N° 01

#### **1.1.1 Matériel végétal**

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est les écorces de grenade. Les fruits de grenade (*Punica granatum. L*) ont été collectés d'un jardin, El Matroha, wilaya d'El Tarf durant la période d'octobre 2023



**Figure 07 : Les écorces de grenades (Gouasmia, 2024)**

#### **1.1.2 Matériel biologique**

- Le lait utilisé est un lait partiellement écrémé stérilisé UHT de la marque Soummam.



Figure 08 : Lait UHT (Gouasmia, 2024)

- La poudre de lait utilisée de l'industrie EDOUGH Annaba 0% MG choisi aléatoirement de la palette de stockage à l'aide d'une louche préalablement stérilisée. La poudre prélevée est disposée dans un bécher stérile bien fermé.
- Les ferments lactiques proviennent du laboratoire EDOUGH Annaba de type YC-X16 dans un récipient hermétique.

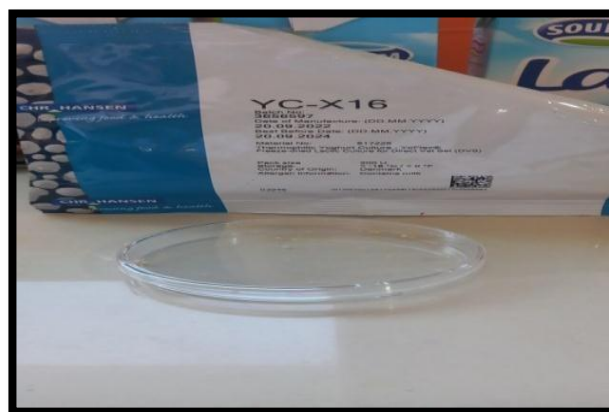


Figure 09: Les ferments lactiques (Gouasmia, 2024)

## 1.2 Méthodes

### 1.2.1 Préparation de la pelure de grenade

Les fruits ont été lavés, pelés puis séchés à l'étuve (50°) pendant 48 h. Les pelures séchées ont été par la suite broyées dans un mixeur, tamisées et stockées pendant 5 mois dans le congélateur. Les étapes de la préparation de la pelure de grenade sont représentées dans le diagramme ci- dessous (**figure, 10**).

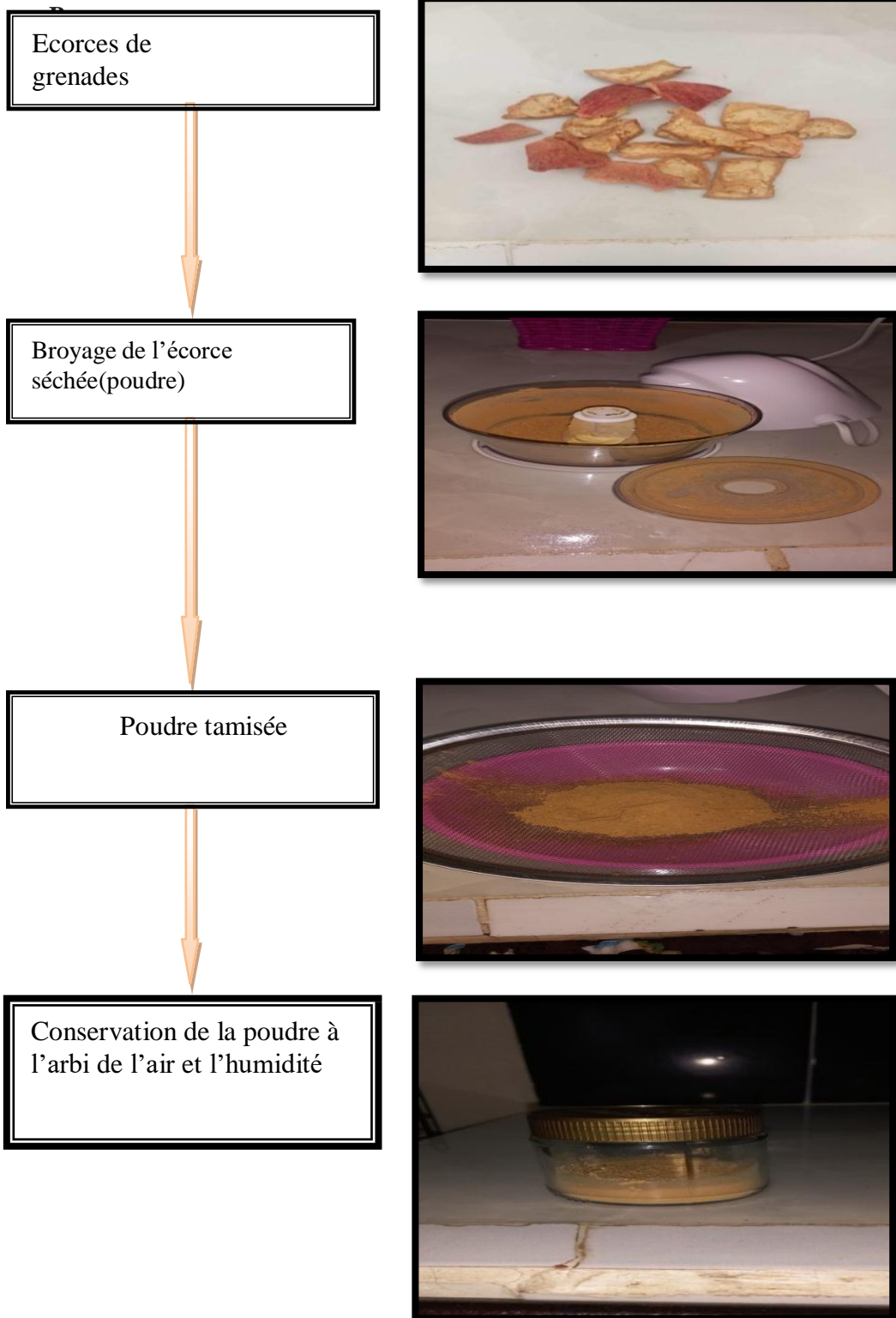


Figure 10 : Diagramme d'obtention de la poudre de pelure de grenade(PPG)

### **1.2.2 Elaboration d'un yaourt étuvé enrichi par la PPG**

Le lait est chauffé de manière progressive jusqu'à atteindre une température de 45°C sur une plaque chauffante. Le mélange de lait, de sucre, de poudre de lait, de PPG (2%,3%,4%) est soigneusement agité à l'aide d'un fouillé afin d'assurer une bonne incorporation des ingrédients.

Le yaourt témoin a été préparé de la même manière, à l'exception de l'ajout de pelure. Ensuite, le mélange est chauffé à 90°C pendant quelques secondes et laissé refroidir jusqu'à ce qu'il atteigne 43 °C dans un bain d'eau. Après refroidissement du lait, les ferments sont incorporés en agitant vigoureusement le mélange afin de les disperser uniformément et d'éviter la formation de grumeaux. Ces ferments sont composés de deux bactéries *Lactobacillus bulgaricus* qui a un rôle acidifiant et *Streptococcus thermophilus* pour le développement des arômes.

Après l'ensemencement, le mélange obtenu est versé dans des flacons de 200 g, ces derniers sont ensuite bien fermés avec du bouchon pour éviter toute contamination, puis incubés dans une étuve à une température de 43°C (**figure11**).

Après la période d'incubation, on a vérifié la texture du yaourt. Il devrait être lisse et crémeux, sans grumeaux. Si des morceaux ou une texture grumeleuse est observée, cela peut indiquer que le yaourt n'est pas encore mature. Enfin, les échantillons des yaourts sont refroidis rapidement à 4 °C pour garantir un produit de haute qualité pendant 21 jours.

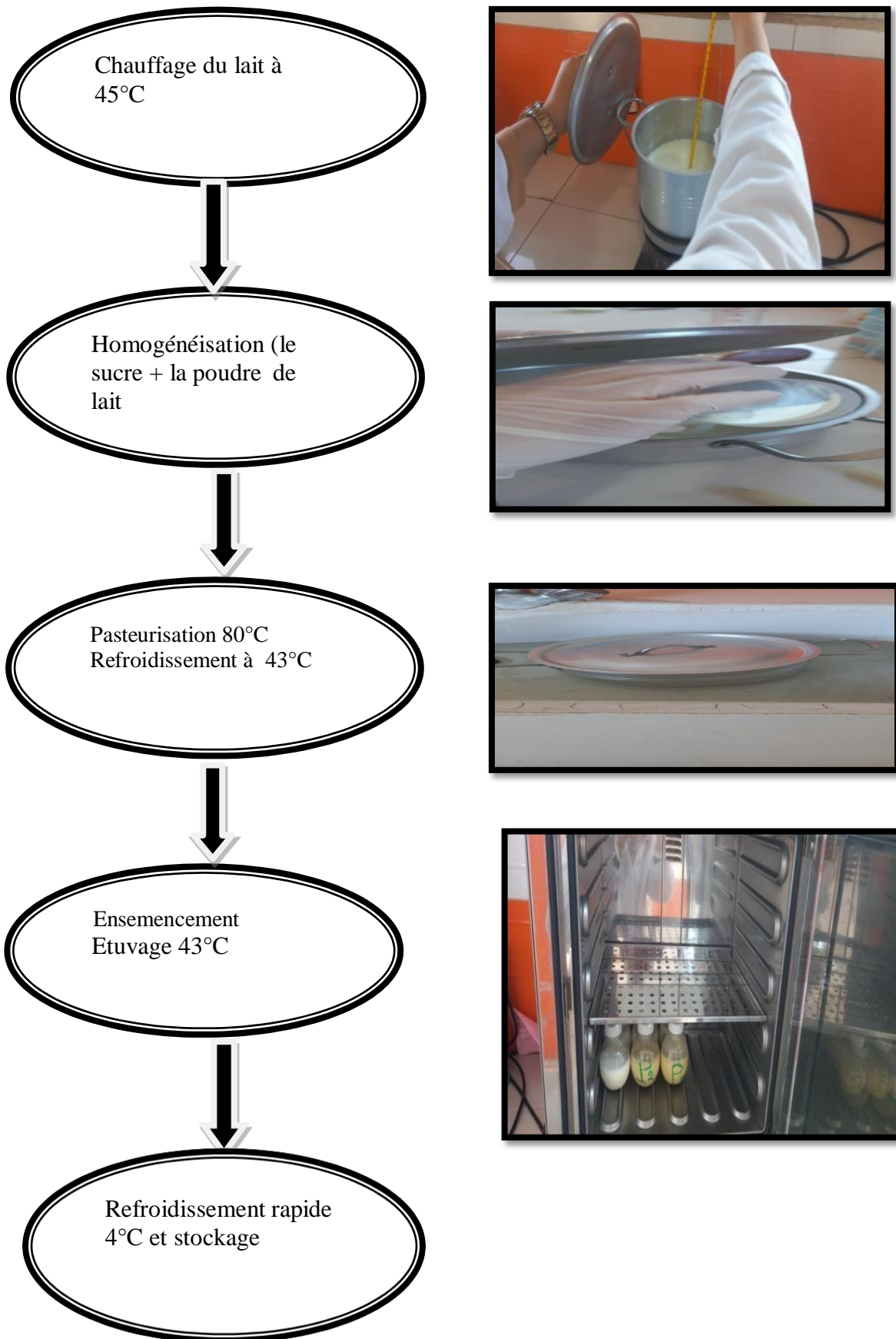


Figure 11 : Diagramme de fabrication des yaourts étuvés

### 1.2.3 Les différentes formulations du yaourt

Le tableau V résume les différents essais réalisés, pour la préparation des quatre types de yaourt étuvé.

**Tableau V: Composition des différentes de formulation du yaourt**

	YT (0%)	Y (2%)	Y (3%)	Y (4%)
<b>Lait (L)</b>	1	1	1	1
<b>Sucre</b>	110g	110g	110g	110g
<b>Poudre de lait</b>	15g	15g	15g	15g
<b>L'écorce de grenade</b>	0g	20g	30g	40g
<b>Ferments Lactiques (L b, S T)</b>	0,03g	0,03g	0,03g	0,03g

### 1.2.4 Analyses physicochimiques du lait et des formulations des yaourts

L'objectif du contrôle physico-chimique des matières premières (comme le lait UHT) et des produits finis est de vérifier leur conformité aux normes en vigueur. Celui-ci offre l'avantage de signaler toute erreur de fabrication ou toute modification des paramètres pendant les étapes de production. En réalité, ces analyses jouent un rôle dans la protection du consommateur en éliminant tous les paramètres qui ne modifient pas les caractéristiques du produit (tout ce qui n'est pas visible à l'œil nu). Pendant notre recherche, nous avons effectué des analyses physico-chimiques en respectant les normes algériennes publiées dans le journal officiel de la République algérienne JORA (1998) ainsi que celles de l'association française de normalisation AFNOR (1986). Les mêmes méthodes de caractérisation physicochimiques de la matière première sont appliquées pour évaluer différents aspects des yaourts, tels que leur pH, leur acidité titrable (°Dornic), leur teneur en matière grasse par la méthode de GERBER, leur extrait sec total (EST) et l'humidité (H).

#### 1.2.4.1 Mesure du pH

Le pH est l'une des valeurs les plus utilisées pour évaluer la concentration en ion H<sup>+</sup> dans l'échantillon. Ces ions donnent à l'environnement une texture acide ou basique, ce qui peut nous donner des informations sur sa fraîcheur ou sa stabilité.

L'appareil utilisé, le pH-mètre, mesure la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongée dans l'échantillon à analyser (**Benaissa et al., 2016**).

**a) Principe**

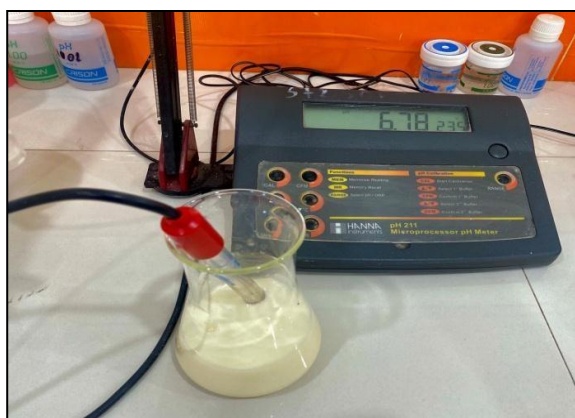
Le pH est la mesure de l'acidité d'une solution, qui se situe entre 0 et 14. Afin de déterminer le pH d'une solution liquide, un pH-mètre est utilisé la valeur du pH peut alors être lue directement sur l'écran de l'appareil.

**b) Mode opératoire**

La détermination du pH se fait directement en plongeant l'électrode dans un bécher Contenant la solution à analyser.

**C) Expression des résultats**

La lecture de la valeur du pH est effectuée en attendant jusqu'à la stabilité de l'affichage sur l'écran du pH mètre et exprimé pour deux chiffres après la virgule. Après la lecture, Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.



**Figure 12:** Mesure du pH des échantillons (lait + yaourt) analysés à l'aide d'un pH-mètre.

**1.2.4.2 Détermination de la densité**

La densité du lait est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de lait à 20°C et la masse du même volume d'eau (**Pointurier, 2003**). Il suffit d'agiter l'échantillon avec une tige de verre pour garantir son homogénéité.

**a) Principe**

La densité d'un liquide est déterminée en calculant le rapport de sa densité à la densité d'un volume égal d'eau à une température de 15°C.

**b) Mode Opératoire**

Pour mesurer la densité du lait, un thermo-lacto-densimètre est placé dans un tube à essai rempli de lait. Il faut attendre un délai de trente secondes à une minute avant d'observer les graduations du compteur.

Dans le cas où la température du lait s'écarte de 20°C, il est nécessaire d'appliquer une

correction. Pour déterminer la densité, utilisez la formule fournie, qui s'applique uniquement aux mesures prises dans la plage de 10 à 20°C.

**c) Expression les résultats**

$$D' = D'' + 0.2(T - 20^{\circ}\text{C})$$

D': densité corrigée

D'': densité brute

T: température du lait

0.2: coefficients de correction de température

Cette lecture étant effectuée à la partie supérieure du ménisque, Dès qu'il est stable, on lit la température et densité apparente.



**Figure 13 :** Mesure La densité du lait à l'aide d'un densimètre

### **3.2.4. 3 Détermination de l'acidité titrable (Dornic)**

La mesure de l'acidité titrable du lait est la quantité de l'acide lactique contenue dans un litre de lait. Elle exprime en degré Dornic (un degré Dornic est équivalent à une teneur de 0,1 g d'acide lactique par litre de lait).

#### **a) Le Principe**

Le principe de cette méthode consiste à mesurer la teneur en acide lactique ; elle est basée sur la détermination acido-basique d'échantillons par titrage volumique avec une solution alcaline d'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence d'un indicateur coloré tel que la phénolphtaléine (JORA, 2015).

#### **b) Mode Opérateur**

Pour commencer, versez 10 ml de lait dans un bécher à l'aide d'une pipette. Ajoutez ensuite 2 à 3 gouttes de solution de phénolphtaléine. Procéder en titrant le mélange avec la solution

D'hydroxyde de sodium (1/9 N) jusqu'à l'apparition d'une couleur rose visible, facilement distinguable d'un échantillon témoin préparé avec le même lait. L'acidité titrable du lait est déterminée par la quantité d'hydroxyde de sodium (NaOH) nécessaire à la neutralisation et est exprimée en degrés Dornic (°D).

### c) Expression des résultats

Le processus de titrage est effectué en ajoutant la solution de NaOH jusqu'au point où la couleur commence à virer au rose.



**Figure 14** .Détermination de l'acidité de yaourt par titrage à l'aide d'hydroxyde de sodium

### 3.2.4.4 Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butylrométrique de GERBER

La méthode acido-butylrométrique (méthode GERBER) : est une technique de détermination de la matière grasse par centrifugation.

#### a) Principe

Selon l'AFNOR (1990), Le principe de la méthode de GERBER est basé sur la séparation de la matière grasse du lait par centrifugation dans un butylromètre après attaque acide des éléments du lait, excepté la matière grasse.

La séparation de cette dernière en une couche claire et transparente est favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool isométrique. Moreau, (1957)

#### b) Mode opératoire

On introduit 10 ml d'acide sulfurique dans un butylromètre figure 15 tout en évitant de mouiller le col. Ensuite, on ajoute 11 ml de lait et 1 ml d'alcool iso-amylque. Après bouchage du butylromètre, on procède à l'agitation jusqu'à la dissolution complète de la caséine qui se coagule au contact de l'acide ; sans laisser refroidir le butylromètre, on centrifuge durant 5 min à une vitesse de rotation de

1200 tours par minute.

À la sortie de la centrifugeuse, on obtient dans la partie graduée du butyromètre une colonne claire et transparente de matière grasse dont on lit la hauteur.

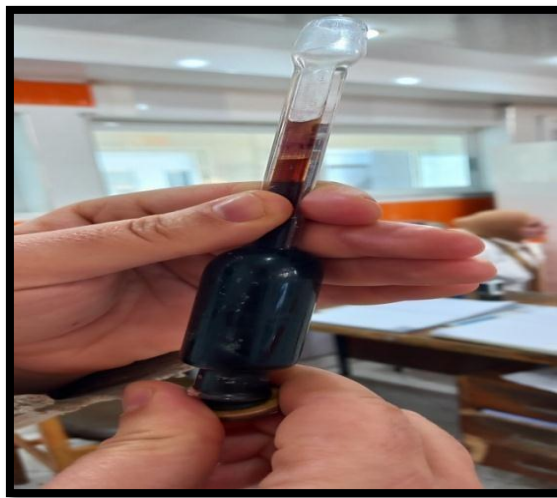
### c) Expression des résultats

À la sortie de la centrifugeuse, la matière grasse forme une couche claire transparente ou la teneur en matière grasse du lait exprimée en gramme par litre, est égale à :

$$(N-N').10$$

N: la valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse

N': la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne



**Figure 15** : Détermination du taux de la matière grasse à l'aide d'un butyromètre

### 3.2.4.5 Détermination de l'extrait sec totale (EST) et l'extrait sec et l'humidité(H)

L'extrait sec est la quantité de matières sèches contenue dans 1 litre de produit, il est exprimé en pourcentage massique ou en volumique (g/l).

#### a) Principe

La mesure du taux d'extrait sec total est réalisée par un dessiccateur infrarouge. C'est une dessiccation à 105°C pendant 15 min jusqu'à l'obtention d'une valeur d'un poids Constant pour le produit semi fini et à 105°C /10 min pour le produit fini (Figure 15) (**Bouyedda et al.,2021**).

#### b) Mode opératoire

1. Allumer l'appareil en appuyant sur la touche START.
2. Mettre la coupelle sur la balance du dessiccateur.
3. Effectuer la tare.

4. Peser 2g de l'échantillon dans la coupelle.
5. Étaler uniformément l'échantillon, puis fermer le capot de l'appareil.
6. Enclencher l'analyse en appuyant sur la touche START

**c) Expressions des résultats**

Les résultats sont exprimés en pourcentage (masse/masse).



**Figure 16 :** Détermination de l'extrait sec total de produit à l'aide d'un dessiccateur infrarouge

**3.2.4.6 Détermination de la Teneur en cendres des yaourts**

La détermination de la teneur en l'extrait sec totale (matière sèche) se fait par une évaporation de l'eau de la prise d'essai dans une étuve à une température de 105°C et la pesée du résidu (AFNOR, 1986).

**a) Principe**

Le principe est basé sur la combustion de l'échantillon dans un four à moufle jusqu'à ce que le poids des cendres blanches atteigne une constance.

**b) Mode opératoire**

1. Mesurer les poids des creusets vide.
2. Ajouter 3g de yaourt dans le creuset.
3. Placer les creusets dans un four à moufle à 550°C pendant 5 heures.
4. Refroidir les creusets dans un dessiccateur.
5. Peser à nouveau les creusets.

La teneur en cendres est calculée en fonction des masses initiales et finales des creusets et des échantillons.

**c) Expression des résultats**

$$\text{Teneur en cendres \%} = (M2-M0/M1-M0) \times 100$$

Où :

M0 : masse de creuset vide (g).

M1 : masse de creuset et de la prise d'essai (g).

M2 : masse de creuset et du résidu après incinération (g).



**Figure 17:** Incinération des échantillons de yaourt au Four à 500°C      **Figure 18:** Photographie de cendres obtenues

### **3.2.4.7 Détermination de la teneur en molécule actif et activité anti oxydante**

#### **3.2.4.7.1 Préparation de l'extrait méthanolique**

Un extrait méthanolique de chaque formulation de yaourt a été préparé pour la détermination de la teneur en polyphénols totaux et l'activité antioxydante.

#### **3.2.4.7.2 Dosage de polyphénols totaux**

##### **a) Principe**

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué par colorimétrie en utilisant le réactif de Folin–Ciocalteu. L'absorbance des extraits méthanoliques été mesurée à 760 nm au spectrophotomètre (Shori 2018).

La teneur en polyphénols totaux a été estimée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique et est exprimée en microgramme équivalent d'acide gallique par mL d'extrait ( $\mu\text{g EAG/mL E}$ ).

#### **3.2.4.7.3 Mesure de l'activité antioxydante**

##### **a) Principe**

Activité antioxydante est déterminée par la méthode de phosphomolybdate d'ammonium. Le test du pouvoir réducteur du molybdate phosphate est un essai direct qu'on emploie principalement pour mesurer la puissance des antioxydants non .Il repose sur la réduction des molybdates en molybdène en présence des extraits en donnant une coloration bleu détectable par le visible à une longueur d'onde de **765nm (Prieto et al., 1999)**.

**b) Mode opératoire**

L'activité anti-oxydante des extraits méthanoliques est évaluée par le phosphomolybdate. L'absorbance des échantillons est mesurée à 695nm contre un blanc (Amina, M. D. 2018).

Afin d'estimer l'activité antioxydante par milligramme équivalent acide ascorbique (mg Eq AA) une courbe d'étalonnage a été réalisée par l'acide ascorbique (0.125-0.75mg/ml).

**1.2.5 Analyses de la qualité microbiologique**

Les analyses microbiologiques son essentiel voir nécessaire pour apprécier la qualité microbiologique d'un produit alimentaire Ces analyses se font toujours dans les meilleures conditions d'asepsie (Bosgiraud, 2003).

**1.2.5.1 L'objectif de l'analyse microbiologique**

L'analyse microbiologique vise, d'une part, à identifier ou à mesurer un certain nombre de germes présentant un ou plusieurs problèmes lors de la production ou présentant un risque pour la santé humaine. D'autre part, elle permet l'évaluation de la propreté des surfaces de travail, la bonne hygiène des opérateurs ou encore la qualité de tout ingrédient entrant dans le procédé de fabrication. C'est donc l'analyse microbiologique qui permettra de vérifier que le produit ne présente pas de risque pour la santé du consommateur lors de sa mise sur le marché.

**1.2.5.2 Préparations les dilutions**

Les dilutions décimales ont été réalisées pour les milieux très riches en microorganismes pour faciliter le dénombrement on utilise eau physiologie comme diluant.

Les dilutions décimales ont été réalisées dans le but de diminuer la charge microbienne présente au niveau d'un produit donné. Le but principal de la dilution étant soit le dénombrement ou l'isolement d'une bactérie en particulier.

La dilution  $10^{-1}$  (soit 1/10) est obtenue en prélevant 1 ml de la solution mère et est additionnée à 9 ml de diluant (eau physiologique). Après homogénéisation par agitation, 1 ml est prélevé à partir du tube de la première dilution et est introduit dans un nouveau tube contenant également 9 ml d'eau physiologique (à l'aide d'une nouvelle pipette). C'est ainsi que la seconde dilution est obtenue (1/100).

La même opération est répétée pour obtenir la troisième dilution.

**1.2.5.3 Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux****a. Mode opératoire**

1. Prélevez 1 ml des dilutions sélectionnées de chaque échantillon ( $10^{-1}$ ) et transférez-les dans des boîtes de Pétri stériles.

2. Versez 15ml de milieu DCL en surfusion dans chaque boîte et mélangez l'inoculum avec le milieu.

3. Laissez le mélange se solidifier en plaçant les boîtes sur une surface fraîche et plane.

4. Disposez 2 boîtes de Pétri retournées dans une étuve à 44°C pour la recherche des coliformes fécaux, tandis que les 2 autres seront placées dans une étuve à 37°C pendant 24 heures pour la recherche des coliformes totaux.

#### **b. Lecture**

Les coliformes se présentent sous la forme de petites colonies rouge foncé de 0,5 mm de diamètre. **Guiraud, J. et Galzy, P. (1980).**

#### **1.2.5.4 Recherche et dénombrement de la Staphylococcus aureus**

##### **a) Enrichissement**

Dans le but de stimuler la croissance d'une espèce présente en faible quantité (**Guiraud J.P, 2012**), nous utilisons le milieu liquide de Giolitti Cantoni (GC), connu pour favoriser le développement des staphylocoques. Pour cela, 1 ml de yaourt est ajouté à 15 ml de (GC), auxquels sont ajoutés 0.2 ml de téllurite de potassium. Les tubes sont ensuite incubés à 37°C pendant 24 heures.

##### **b) Isolement**

En cas de présence de Staphylocoques dans le milieu de GC (indiqué par un noircissement du contenu du tube), il est nécessaire de prélever une suspension bactérienne à l'aide d'un écouvillon, puis de l'ensemencer par stries sur une boîte de Pétri contenant de la gélose de Chapman. Les boîtes sont ensuite incubées à 37°C pendant 24 heures. (tableau VI)

##### **c) Lecture**

Si le tube n'est pas décoloré, cela indique l'absence de Staphylococcus aureus. Les tubes présentant un noircissement sont considérés comme positifs, indiquant la présence présumée de Staphylococcus aureus, et nécessitent une confirmation par isolement sur gélose Chapman (Conda Pronadisa, Espagne).

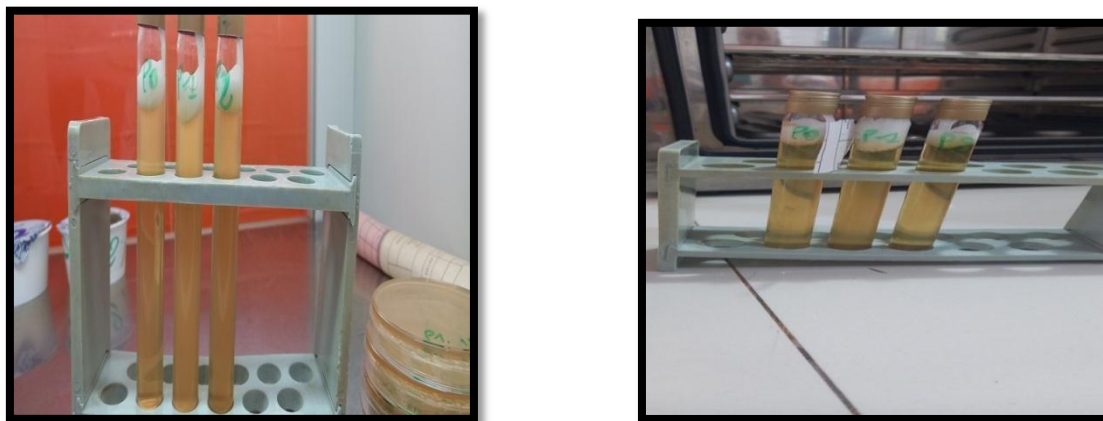


Figure 19: L'enrichissement avant l'incubation et après l'incubation (YT, Y2, Y4)



Figure 20 :L'enrichissement Après l'incubation (Y3)

### 1.2.5.5 Recherche et dénombrement des levures et moisissures

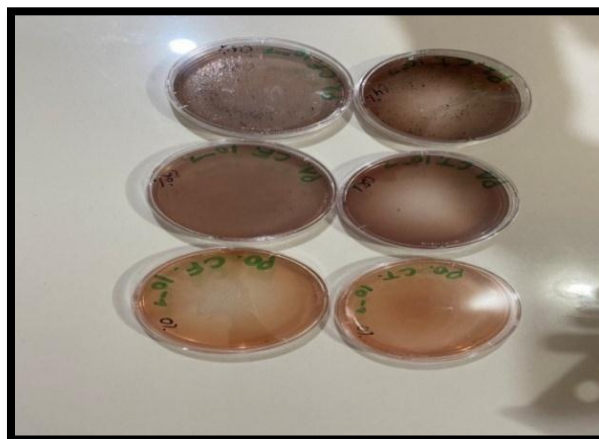
#### a) Méthode

La recherche et le dénombrement sont réalisés sur gélose PDA, versée et solidifiée. 1 ml de la dilution  $10^{-1}$  est étalé en surface du milieu à l'aide d'un râseau stérile. Les boîtes sont ensuite incubées à température ambiante pendant 72 heures (Laredj et al., (2017)).

#### b) Lecture

Les levures présentent souvent un aspect similaire aux colonies bactériennes volumineuses, avec des bords réguliers et des formes convexes ou plates. Elles peuvent être pigmentées et souvent opaques.

En revanche, les moisissures se manifestent sous forme de colonies pigmentées qui peuvent avoir un aspect velouté ou être moins proéminentes. (Guiraud, 1998).



**Figure 21:** Dénombrement des moisissures et levures après l'incubation

Les analyses microbiologiques réalisées sur nos échantillons du yaourt correspondent à la recherche et au dénombrement des germes représentés dans le tableau VI suivant :

**Tableau VI : Conditions des cultures de germes recherchés dans le yaourt**

Germes recherchés	Milieus utilisés	Type d'ensemencement	T°C d'incubation	Durée d'incubation
Coliformes Totaux	DCL	En profondeur	37°C	24h
Coliformes Fécaux	DCL	En profondeur	44°C	24h
Staphylococcus aureus	Giolitti contonii + Tellurite de potassium	En surface	37°C	24h
Levure et moisissures	PDA	En profondeur	ambiante	72h

### 1.2.6 Analyses sensorielles des produits finis

L'objectif vise à évaluer les propriétés sensorielles de notre produit préparé avec de différentes concentrations (0%,2%,3%,4%) et la préférence du consommateur. Au cours de ce test, nous nous sommes intéressés à l'aspect visuel, olfactifs et les sensations en bouches perçues lors de la consommation du produit à savoir aspect, texture, couleur, goût, arôme et viscosité

### **1.2.6.1 Les caractères organoleptiques étudiés**

**Les caractères organoleptiques peuvent être décrits comme suit**

L'aspect global des propriétés visibles d'une substance ou d'un objet selon la **norme (ISO 5492, 1992)**.

#### **a) Texture**

Elles sont d'abord ressenties par la main puis par la bouche. (**CHEFTEL H. et CHEFTEL J.C., 1980**)

#### **b) Couleur**

Est perçue par l'organe de vision (l'œil), et représente un aspect crucial d'un produit, influençant le choix du consommateur, notamment dans le domaine alimentaire. La couleur d'un aliment peut être due aux constituants de ce dernier donc naturelle, ou des colorants alimentaires autorisés à additionnés.

#### **c) L'arôme**

Elles sont détectées par l'organe olfactif: l'odeur est perçue en inhalant certaines substances volatiles, tandis qu'est perçu par voie retro-nasales lors de la dégustation (**AFNOR, 1992**). Dans un produit alimentaire, de nombreux composés aromatiques peuvent être présents, mais ils ne contribuent à l'arôme du produit que s'ils sont présents en quantité supérieure à leur seuil de perception. C'est à dire à une concentration où ils peuvent être détectés par l'organe olfactif.

L'analyse sensorielle des échantillons des yaourts au cinquième jour au niveau de la laiterie EDOUGH Annaba, les échantillons sont conservés à une température de 4 à 6°C au réfrigérateur.

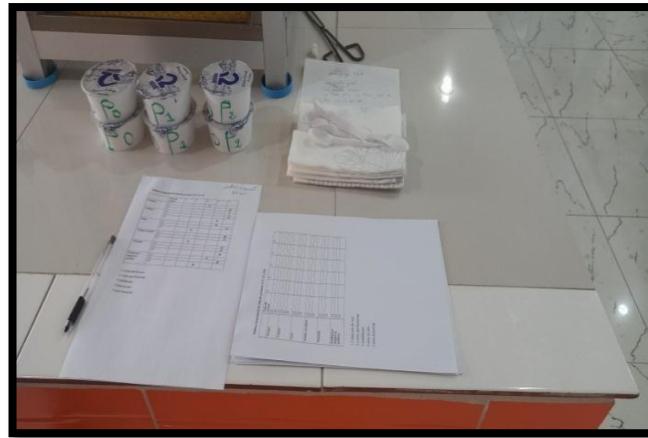
### **1.2.6.2 Déroulement des séances de dégustation**

La séance ont eu lieu au niveau de laboratoire microbiologique de la laiterie EDOUGH Annaba, 10H00 à 12H30. Elles se sont déroulées dans une salle d'analyse sensorielle spécifique, où les conditions sont réunies en termes d'éclairage, et de température. Ces dernières ont permis de bien gérer les séances et de recueillir les réponses des sujets sans qu'il n'ait aucune influence entre les membres du panel.

Les conditions de dégustation :

1. Le test de dégustation réalisé est basé sur une fiche de dégustation voir l'annexe.
2. Le jury était composé de 10 personnes, les membres de jury ne doivent pas fumer avant et pendant la dégustation.
3. Il est recommandé de boire de l'eau entre les différents yaourts lors d'une dégustation pour

Nettoyer le palais et rafraîchir les papilles gustatives, permettant ainsi de mieux apprécier les saveurs de chaque yaourt. L'eau plate est généralement préférée pour éviter d'influencer le goût des yaourts avec des saveurs trop prononcées



**Figure 22:** Déroulement de la séance de dégustation vérifiée

### **1.2.6.3 L'analyse sensorielle**

Consiste à étudier d'une manière ordonnée et structurée les Propriétés d'un produit afin de pouvoir le décrire, de le classer ou de l'améliorer d'une façon extrêmement objective et rigoureuse (**Tari ket, 2016**).

L'analyse sensorielle consiste à analyser les propriétés organoleptiques des produits par les organes des sens.

Les propriétés organoleptiques sont essentiellement :

L'apparence (couleur, forme) révélée par la vision;

La saveur (acidité, goût) révélée par le goût ;

Odeur (arome) révélée par l'odeur.

# **Résultats et discussions**

## 2 Résultats et discussions

### 2.1 Résultats des analyses physico chimiques de la matière première

#### 2.1.1 Lait UHT

Les résultats d'analyses physico chimiques de la matière première représentés dans le tableau

**VII** suivant :

**Tableau VII:** Résultats d'analyse physico- chimique de lait UHT

Paramètre	Résultat	Norme
Densité	1032	1,028-1,034
AD°	20°AD	14-18°D
pH	6.68	6,6-6,8
MG	15g /L	Entre 1,5 et 2,5%
EST	11,28%	-
H%	88,728%	-

Les résultats des analyses physicochimiques du lait UHT semblent être dans les normes pour la plupart des paramètres, mais discutons-en plus en détail :

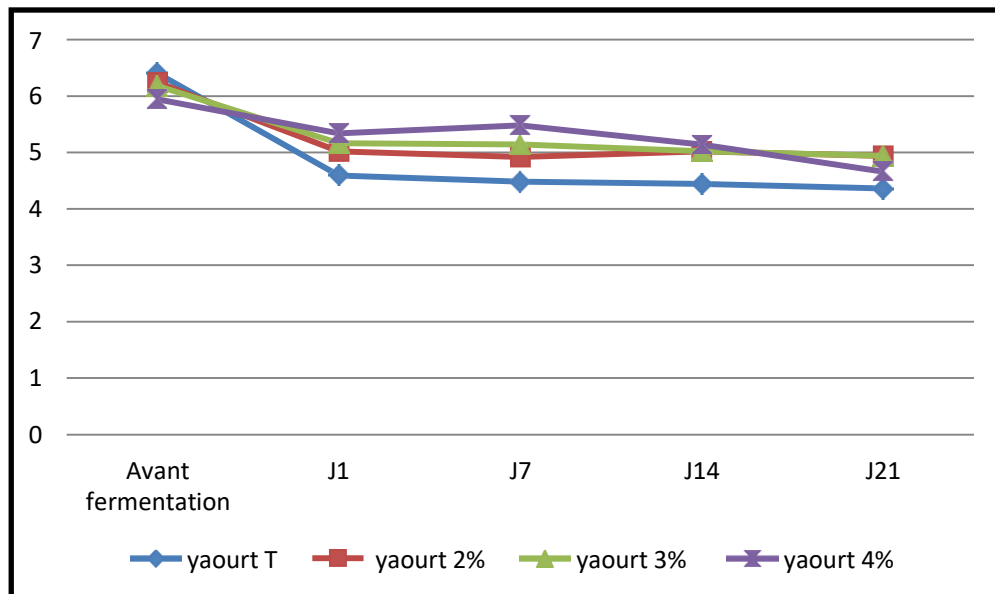
D'après les résultats obtenus,

La densité, le pH, les matières grasses (MG), l'extrait sec total (EST) et le taux d'humidité (H) du lait UHT, ce qui indique qu'ils sont conformes aux normes établies par AFNOR. En ce qui concerne l'acidité, qui est un indicateur de la fraîcheur et de la composition du lait en acide organique, le résultat montre une acidité élevée (20 °D), supérieure aux normes. Nous remarquons que nos résultats sont proches de ceux obtenus par (Bounar, 2019)

Globalement, ces résultats suggèrent que le lait UHT analysé est de bonne qualité, avec une composition conforme aux attentes pour le lait traité par UHT. Et sont bien adaptés pour la fabrication du yaourt.

## 2.2 Analyses physico-chimiques des yaourts enrichi en pelure de PPG

### 2.2.1 Evaluation du pH des yaourts enrichis en pelures au cours du stockage



**Figure 23 :** Variation du pH en fonction du temps au cour de stockage pour le yaourt enrichi et le yaourt témoin.

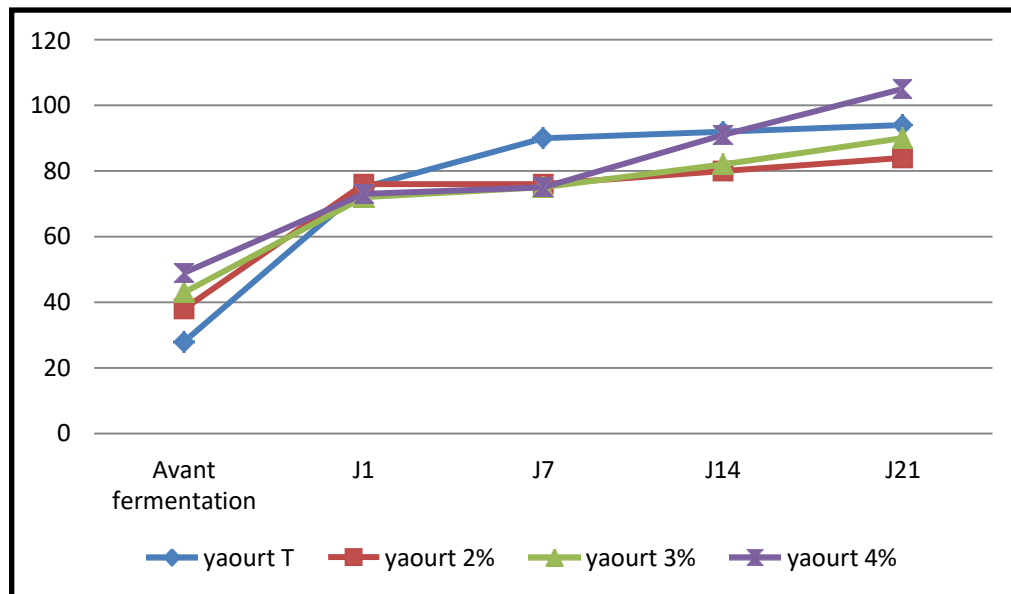
**YT :** Yaourt témoin ; **Y2** Yaourt enrichi par 2% de PPG ; **Y3** Yaourt enrichi par 3%de PPG; **Y4** (Yaourt enrichi par 4%de PPG

Le pH des yaourts présente une décroissance durant la période de stockage. Les valeurs de pH sont comprises entre 4,59 et 4,36 pour le yaourt YT et de 5,02 à 4,94 pour le yaourt Y2 PPG et de 5,16 à 4,94 pour le yaourt Y3 et 5,34 à 4,66 pour le yaourt Y4.

L'ajout de PPG a une influence significative sur le pH pendant 21 jours. Le pH des yaourts enrichis par la pelure de grenade (Y2, Y3 et Y4) ont enregistré des valeurs supérieures au pH du yaourt témoin (4,36, 4,35 et 4,29 respectivement). L'intervalle de pH permettant d'améliorer la fonctionnalité et la saveur du yaourt est de 4,1 à 4,7 (Lee et al., 2017 ; Won et al., 2018). Par conséquent, l'ajout de notre PPG au yaourt a permis de maintenir un pH approprié pendant le stockage.

En général, pendant toute la période de la fermentation et de post-acidification, les valeurs de pH ont montré une évolution décroissante de 4,59 à 4,36. La baisse observée est causée par la transformation du lactose en acide lactique (Hassan et Amjad, 2010).

### 2.2.2 Evaluation du l'acidité des yaourts enrichis en pelures au cours du stockage



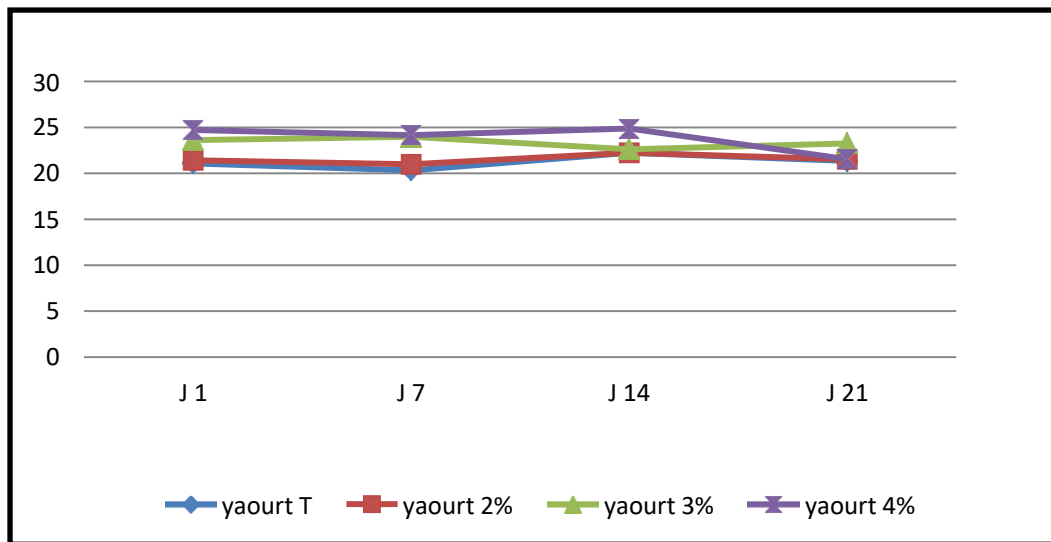
**Figure 24 :** Variation de l'acidité en fonction du temps au cours de stockage pour le yaourt enrichi et le yaourt témoin.

YT : Yaourt témoin ; Y2 Yaourt enrichi par 2% de PPG ; Y3 Yaourt enrichi par 3% de PPG ; Y4 (Yaourt enrichi par 4% de PPG)

Selon les résultats, l'acidité des quatre types de yaourt augmente d'une manière significative en fonction du temps pour atteindre 84, 90, 105 et 94°D pour les échantillons Y2, Y3, Y4 et YT respectivement à la fin de stockage. Cette augmentation de l'acidité est le résultat d'une fermentation lactique importante. D'autre part, l'ajout de PPG provoque à son tour une augmentation significative de l'acidité en comparaison avec le témoin. Ce résultat est en accord avec celui de **Bakhtaoui .H (2019)** qui ont incorporé un extrait phénolique des écorces de grenade pour l'enrichissement d'un yaourt préparé.

Une faible variation dans l'acidité des quatre types de yaourt a été constatée (Fig23). **Al.Otaibi et El Demerdash (2008)** ont trouvé que l'acidité titrable augmente progressivement pendant la période de stockage. Cette augmentation est principalement due aux bactéries lactiques qui continuent à transformer le lactose en acide lactique (**Abdalla et Abdel Nabi, 2010**).

### 2.2.3 Evaluation du l'extrait Sec et L'humidité des yaourts enrichis en pelures au cours du stockage



**Figure 25 :** Variation du taux de l'extrait sec

**YT :** Yaourt témoin ; **Y2** Yaourt enrichi par 2% de PPG ; **Y3** Yaourt enrichi par 3%de PPG; **Y4** (Yaourt enrichi par 4%de PPG.

Selon les résultats, l'EST des échantillons YT, Y2, Y3 et Y4 reste plus au moins stable durant la période de stockage. Concernant les yaourts Y4 et Y3, on a remarqué une diminution de l'EST après quatorze jour de stockage (figure 24) et cette diminution est plus importante dans l'échantillon Y4. Le **taux d'humidité** de différents échantillons est inversement proportionnel à la teneur de l'EST (figure 25). Nos données sont inférieures à celles signalées par **Amellal-chibane., (2008)** et **Mehadjeb Z et Moudjeb D., (2019)** pour les yaourts à base de la poudre de dattes et les yaourts incorporé des écorces de grenade respectivement.

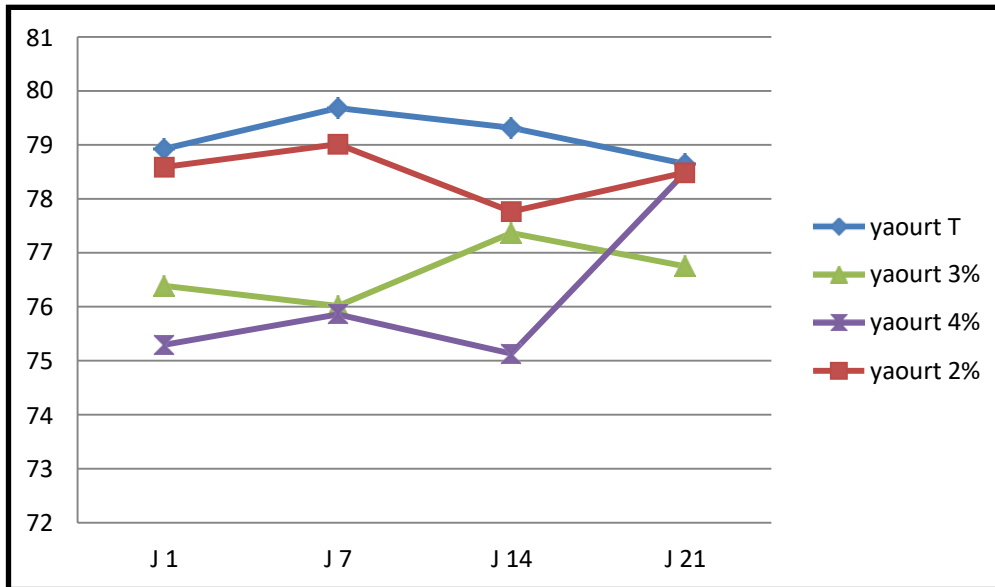


Figure 26: variation du taux de l'humidité

YT (Yaourt témoin) ; Y2 (Yaourt enrichi par 2% de PPG) ; Y3 (Yaourt enrichi par 3% de PPG) ; Y4 (Yaourt enrichi par 4% de PPG)

#### 2.2.4 Taux de cendres

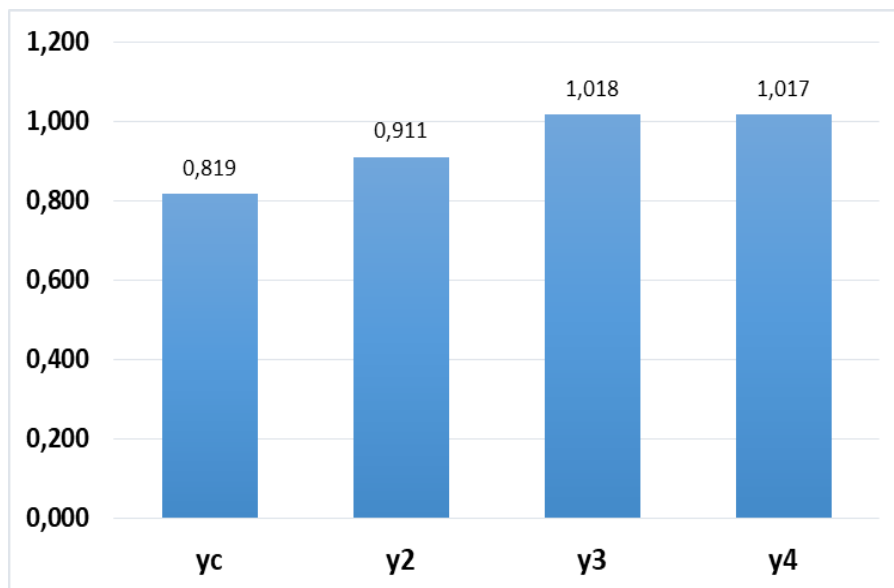


Figure 27: variation du taux de cendres

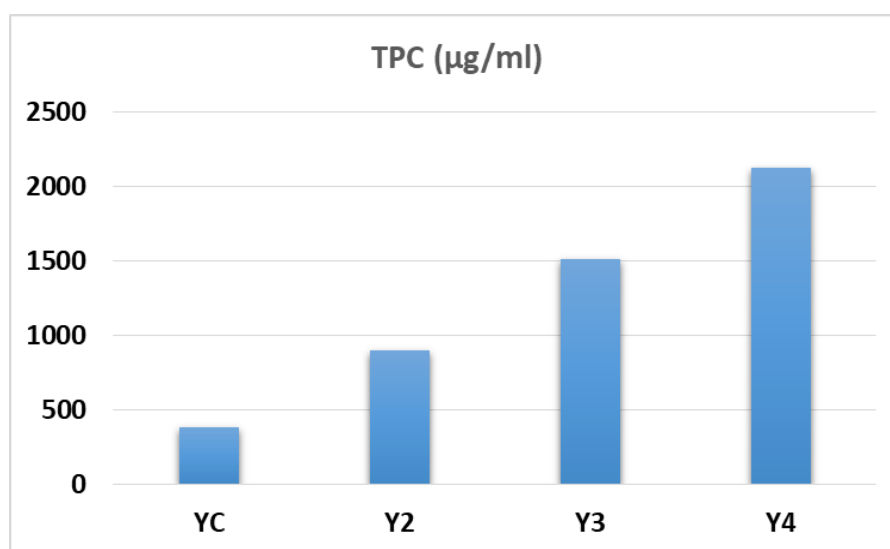
YT (Yaourt témoin) ; Y2 (Yaourt enrichi par 2% de PPG) ; Y3 (Yaourt enrichi par 3% de PPG) ; Y4 (Yaourt enrichi par 4% de PPG)

Le taux de cendres représente la quantité totale en sels minéraux présents dans le fruit. Nous constatons, selon la figure 26, que la teneur en cendre la plus élevée a été observée pour les échantillons Y3 et Y4. Par contre, l'échantillon témoin a enregistré la valeur la plus faible

(0,82%). Plus le rapport entre les pelures de grenade (PPG) et le yaourt est élevé, plus le yaourt sera riche en cendre.

Nos résultats sont supérieurs à ceux rapportés par Gonzalez et al. (2011) qui ont trouvé une teneur en cendre de 0,56 % dans un yaourt incorporé de *Rubusidaeus L.* La teneur en cendre est corrélée positivement avec le taux d'incorporation de pelure. En effet, des études antérieures ont montré que la pelure de grenade est très riche en sels minéraux (3,7 %) (Heena et al., 2018).

### 2.2.5 Dosage de polyphénols totaux



**Figure 28: variation du taux de polyphénols totaux**

**YT** (Yaourt témoin) ; **Y2** (Yaourt enrichi par 2% de PPG) ; **Y3** (Yaourt enrichi par 3% de PPG) ; **Y4** (Yaourt enrichi par 4% de PPG)

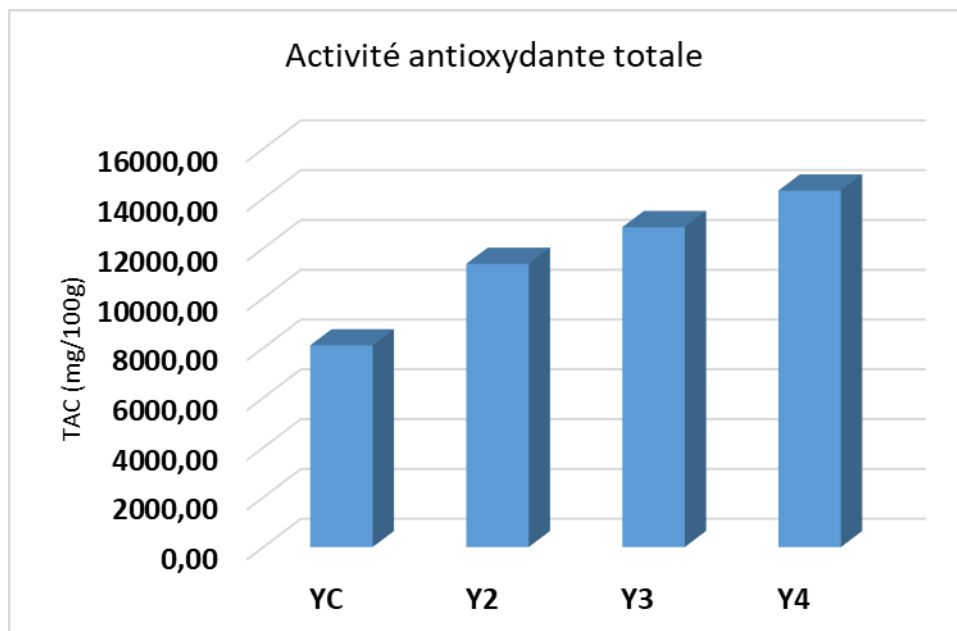
La teneur en polyphénols totaux dans différents yaourts enrichis de pelure de fruit de *Punica granatum L.*, a été estimée par des dosages spectrophotométriques, en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu.

D'après l'histogramme ci-dessus (**figure 28**), nous remarquons que le yaourt de témoins non enrichi avec la PPG. Possède la teneur la plus faible. En parallèle, la pelure incorporée dans les yaourts (Y2), (Y3) et (Y4) renferment des concentrations supérieures en PPT. En outre, les teneurs en PPT des yaourts préparés avec l'écorce s'accroissent avec l'augmentation des quantités rajoutées. Ainsi, les valeurs les plus élevées sont attribuées aux yaourts enrichis.

Ainsi, la valeur la plus faible est attribuée au yaourt témoins. Les résultats enregistrés dans ce travail concordent avec ceux révélés par plusieurs études où il a été constaté une augmentation des concentrations en PPT après l'ajout de produits.

### 2.2.6 L'activité antioxydante totale

Les résultats de l'activité antioxydante des échantillons des Yaourts sont représentés dans la figure 28



**Figure 29: variation du taux de l'activité antioxydante totale**

YT (Yaourt témoin) ; Y2 (Yaourt enrichi par 2% de PPG) ; Y3 (Yaourt enrichi par 3% de PPG) ; Y4 (Yaourt enrichi par 4% de PPG)

Ces résultats correspondent parfaitement à de nombreuses recherches précédentes qui ont démontré que les sous-produits tels que les épluchures des fruits et légumes présentent une activité antioxydante supérieure à celle de leurs pulpes. On peut expliquer cette capacité par leur concentration élevée en antioxydants. **Abdelhadi et al.(2017)**

D'après l'histogramme ci-dessus, le yaourt du témoin a la plus faible activité (780 mg/ml). à chaque fois que la concentration en pelure augmente.

En effet il existe une corrélation entre la présence des composés phénoliques et l'activité antioxydante de nos échantillons. Effectivement, des résultats révèlent une corrélation positive entre les composés phénoliques et l'activité antioxydante des divers extraits des écorces de fruit de *Punica granatum*. **(Bakhtaoui, 2019). Kang et al.(2003) et Seeram et al.(2006)** ont prouvé que les molécules polaires polyphénoliques présentes dans l'extrait végétal et les tiges et l'écorce du grenadier ont permis d'accroître l'activité antiradicalaire.

### 2.3 Résultats des analyses microbiologiques des produits finis

Les résultats de l'analyse microbiologique des échantillons des yaourts concernant le dénombrement des coliformes totaux et fécaux, les staphylococcus aureus, les levures et moisissures sont résumés dans le tableau VIII.

**Tableaux VIII: Résultats des analyses microbiologiques des yaourts**

Germes recherchés / Produits	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Staphylococcus aureus	Levures	Moisissures
Yt	Abs	Abs	0	0	0
Y2%	Abs	Abs	0	0	0
Y3%	Abs	Abs	0	0	0
Y4%	Abs	Abs	0	0	0
Normes	10/g	1/g	10/g	102/g	Abs/g

Les résultats de l'analyse microbiologique concernant la présence des coliformes (totaux et fécaux), les staphylocoques, et les levures et moisissures dans les yaourts sont considérés comme négative.

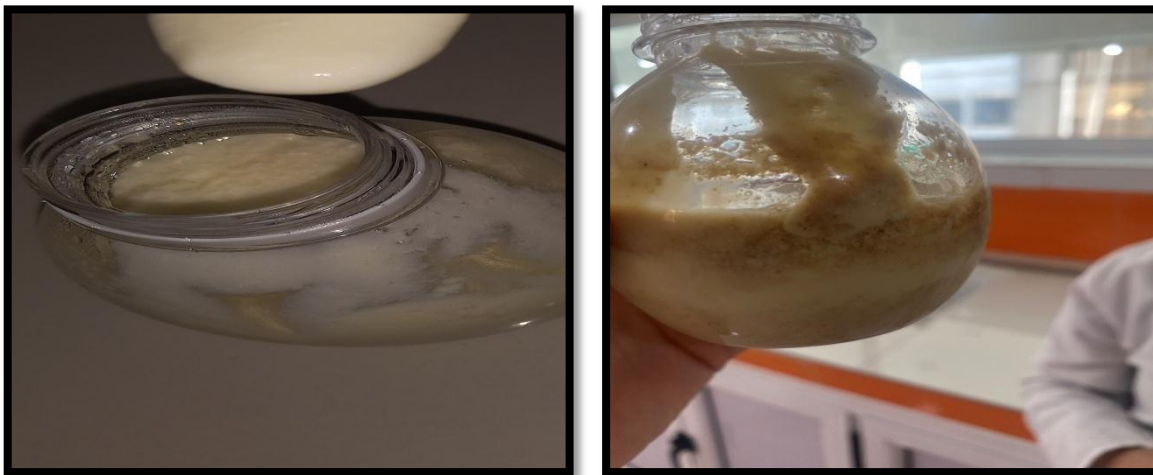
Ces résultats sont conformes aux Normes établies par **J.O.R.A (1998)**. Cela résulte des mesures d'hygiène adéquates, du traitement appliqué et témoigne de la qualité des ingrédients utilisés lors de la production du yaourt.

Après 21 jours, on remarque une évolution du processus de synérèse durant la période de stockage des yaourts à 4°C. Ce processus correspond à une expulsion active d'une partie de lactosérum par contraction du caillot (**Hachana et al. 2017**). Ces altérations diminuent avec le taux d'incorporation de la PPG.

Une autre altération de la texture des yaourts comme la granulation a été observée pour les échantillons Y3 et Y4.

Une odeur anormale et désagréable a été émanée du yaourt témoin, indiquant une altération de sa qualité. Avec une saveur acide, la consistance du yaourt a été aussi affectée, ce qui est inhabituel pour un yaourt frais.

En plus des modifications citées ci-dessus, une présence d'un dégagement de gaz carbonique a été observée dans tous les échantillons.



a) YT

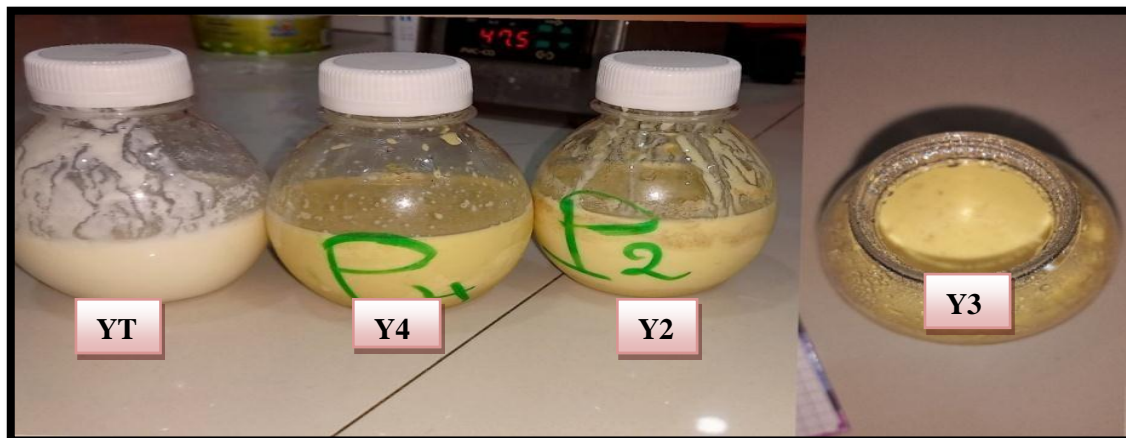
b) Y4

**Figure 30 :** Altération des l'échantillon du Yaourts Après 21 jours de stockage.

YT (Yaourt témoin) ; Y4 (Yaourt enrichi par 4% de PPG)

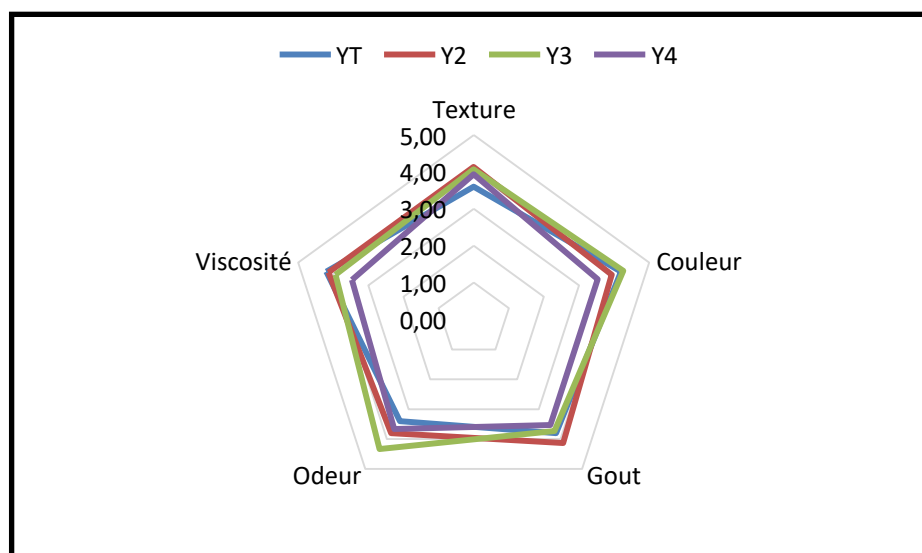
#### 2.4 Résultats des analyses sensorielles

Les résultats de l'analyse sensorielle de certains attributs (Texture, couleur, gout, odeur, viscosité et préférences global) sont représentés dans la figure 31.



**Figure 31 :** Aspect des 4 meilleures formulations. (Gouasmia, 2024)

YT (Yaourt témoin) ; Y2 (Yaourt enrichi par 2% de PPG) ; Y3 (Yaourt enrichi par 3% de PPG) ; Y4 (Yaourt enrichi par 4% de PPG)



**Figure 32:** Evaluation de caractéristiques sensorielles des yaourts préparés

YT (Yaourt témoin) ; Y2 (Yaourt enrichi par 2% de PPG) ; Y3 (Yaourt enrichi par 3% de PPG) ; Y4 (Yaourt enrichi par 4% de PPG)

### 2.4.1 La texture

D'après la figure 31, nous remarquons que la formulation du yaourt Y2 est très appréciée par les dégustateurs de point de vue texture avec un score moyen de 4,13, suivi de Y3 (4,07), puis l'échantillon Y4 et en fin l'échantillon YT.

Cela indique que l'ajoute de 2% de PPG améliore la consistance du yaourt par rapport au témoin, par contre des proportions plus élevées PPG de 4% ont un impact négatif sur la consistance.

Classement : Y2>Y3>Y4>YT

### 2.4.2 La couleur

Les résultats obtenus montrent que, les formulations des yaourts Y3 et YT présentent des couleurs bien appréciées par le panel de dégustateurs (4,27, 4,20%) respectivement. En comparaison avec les formulations Y2 et Y4 qui ont reçu les scores moyens les plus faibles (3,93, 3,53) respectivement. On effet l'échantillon du Y4 été trop coloré en comparaison avec Les autres yaourts.

Classement : Y3>YT>Y2>Y4

### 2.4.3 Le gout

Le yaourt Y2 a été très apprécié par les dégustateurs en comparaison avec les formulations Y3, et YT. Le Yaourt Y4 a été le moins apprécié, car il a reçu le score moyen le plus faible (3,53). L'échantillon Y4 a enregistré une acidité plus élevée en comparaison avec les autres yaourts. D'après les chercheurs, en effet, la pelure de fruit de *Punica granatum* est connue pour ses propriétés organoleptiques, qui se caractérisent par un

goût légèrement amer. Boutheina et al. (2022) ont signalé que la saveur de l'écorce de grenade est amère et astringente. Le goût amer est dû à la présence des quinones dans les tisanes, ceci corrobore avec nos résultats.

Classement : Y2>YT>Y3>Y4

### 2.4.4 Odeur

Les dégustateurs jugent que la formulation Y3 présente une odeur agréable. Cette formulation a reçu le meilleur score (4,33) suivi du yaourt Y2 (3,80), Y4 (3,67) et YT (4,33)

Classement : Y3>Y2>Y4>YT

### 2.4.5 Viscosité

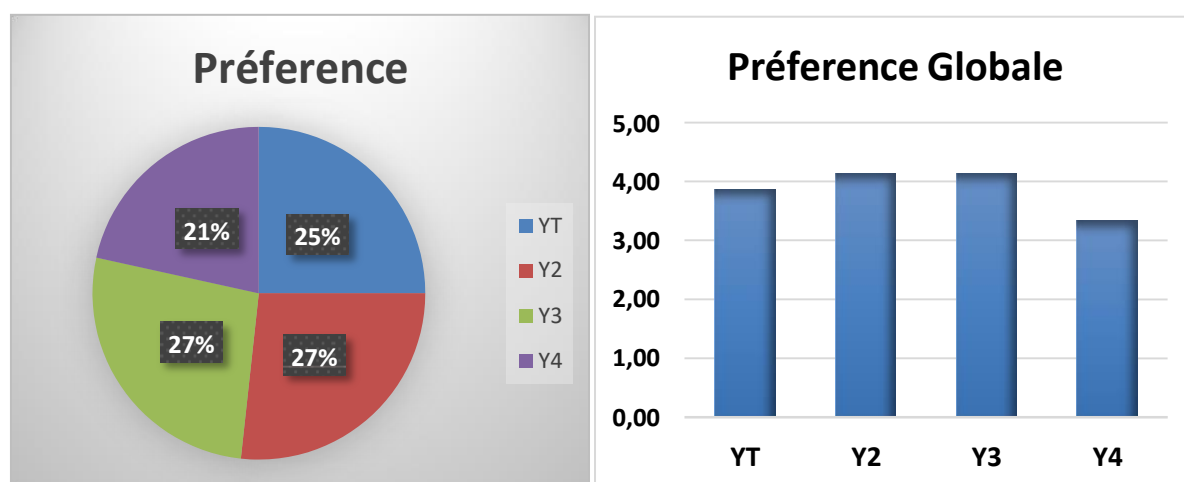
En termes de viscosité les dégustateurs ont également préféré la viscosité de l'échantillon YT(4,14) suivi Y2(4,13) puis Y3(3,93) et enfin Y4(3,47). En effet une teneur élevée de PPG affecte négativement la consistance et la texture du yaourt.

Classement : YT>Y2>Y3>Y4

### 2.4.6 Préférence

On termes des préférences global les échantillons les plus appréciés sont Y2 et Y3 suivi de YT puis Y4. Ces résultats indiquent que les concentrations du PPG inférieures à 4% sont plus appréciées en termes de préférence globale.

Classement : Y2=Y3>YT>Y4

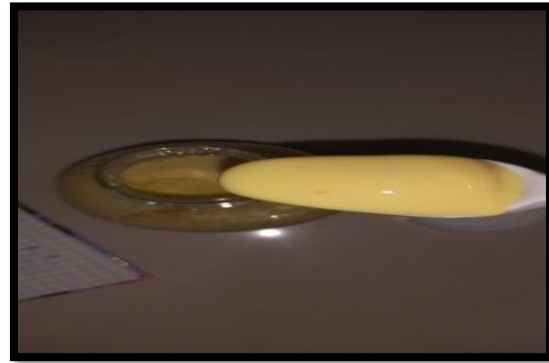


2.4.6.1 b)

**Figure 33:** Evaluation de la préférence globale. (b) Score moyen;( a ) Pourcentage des appréciations des échantillons des yaourts



a) YT



b) Y2



a) Y3



d) Y4

**Figure 34:** Photo montrant les quatre produit finis utilisés pour le teste de dégustation (Gouasmia, 2024)  
YT (Yaourt témoin) ; Y2 (Yaourt enrichi par 2% de PPG) ; Y3 (Yaourt enrichi par 3%de PPG) ; Y4 (Yaourt enrichi par 4%de PPG).

# Conclusion

## **Conclusion et perspectives**

L'objectif de la présente étude est d'élaborer un yaourt fonctionnel enrichi avec l'écorce de grenade en s'intéressant à sa composition physicochimique, le contenu en polyphénols et l'activité antioxydante. Les formulations du yaourt préparé ont montré que l'ajout de PPG a provoqué une diminution du pH avec une élévation de l'acidité du yaourt enrichi par rapport au yaourt Témoin durant la période de stockage.

Les taux d'extrait sec et de cendre présentaient des différences significatives entre le yaourt enrichi et le yaourt témoin durant la même période de stockage.

Les teneurs en PPT des yaourts enrichis avec le PPG s'accroissent avec l'augmentation des quantités rajoutées. Ainsi, les valeurs les plus élevées sont attribuées aux yaourts Y3 et Y4.

En ce qui concerne l'activité antioxydante, elle est corrélée positivement avec la teneur en polyphénols.

De plus, le profil sensoriel a tendance à diminuer. Cette baisse s'est avérée plus importante dans le yaourt Y4 contrairement à ce fortifié à 2 et 3%. Ces derniers ont été les plus appréciés en termes des attributs sensoriels étudiés. Cette étude a indiqué que les PPG peuvent être utilisés comme source de l'activité bioactive après réfrigération.

Aux perspectives et dans le but de compléter ce travail, il serait intéressant de :

- Travailler sur d'autres variétés comme les variétés acidulées.
- Faire des analyses sensorielles et microbiologiques après le stockage.
- Étudier la stabilité et la teneur d'autres molécules actives.

# **Références bibliographiques**

Références bibliographiques

A

- **AFNOR.1990.** Lait – Détermination de la teneur en matière grasse : méthode acido-butyrométrique
- **Abdalla O.M., Abdel Nabi-Ahmed S.Z. 2010.** Chemical Composition of Mish "A Traditional Fermented Dairy Product" from Different Plants during Storage. Pak. Journal of Nutrition. 9: 209-21.
- **Abdelhadi M., Bouchefra D., Dairi S. E. 2017.** Valorisation de l'écorce d'orange sanguine (Doctoral dissertation, Université de Jijel).Kang, D-G., Yun, C-K., Lee H-S. Journal of Ethno pharmacology, 87 (2003) 231-23. 21.
- **Abdelmalek A., Bey F., Gheziel Y., Krantar K., AitAbdeslam A., Meribai A., Medouakh L., Bensoltane A.2009.**Viability and resistance to acidity of Bifidobacteriumsp in Algerian's Bio-yoghurts. Egypt.Jo.ofAppl. Sci, 24 (2A), p 193-201
- **Accolas J. P., Bloquel R., Didienne R., Regnier J. 1977.** Propriétés acidifiantes des bactéries lactiques thermophiles en relation avec la fabrication du yoghourt. *Le lait*, 57(561-562), 1-23.
- **Adjtoutah D., Boudraa H. 2012.** Etude de la stabilité de Acti+ de SOUMMAM au cours de sa conservation et comparaison entre un Acti+ fabriqué avec la poudre du lait et un autre fabriqué à base du lait cru. Diplôme d'Ingénieur d'Etat en biologie. Option : Contrôle de Qualité et Analyse. Université Abderrahmane Mira, Béjaïa,Algérie. P7.
- **Adolfsson O., Meydani S. N., Russell, R. M. 2004.** Yoguit and gut function.The American journal of clinical nutrition, 80(2), 245-256.
- **AFNOR. 1986.** Recueil des normes françaises "Contrôle de la qualité des produits laitiers".
- **Ahmad I., Khalique A., Shahid M.Q., Rashid A.A., Faiz F., Ikram M.A., Ahmed S., Imran M., Khan M.A., Nadeem M., et al. 2020.** Studying theInfluence of Apple PeelPolyphenol Extract Fortification on the Characteristics of Probiotic Yoghurt. Plants, 9, 77.

- **Ahmed I.A.M., Alqah H.A., Saleh A., Al-Juhaimi F.Y., Babiker E.E., Ghafoor K., Hassan A.B., Osman M.A., Fickak A. 2021.** Physicochemical quality attributes and antioxidant properties of set-type yogurt fortified with argel (*Solenostemma argel* Hayne) leafextract. *LWT Food Sci. Technol*, 137, 110389.
- **Akhavan H., Barzegar M., Weidlich H., Zimmermann B. F. 2015.** Phenolic compounds and antioxidant activity of juices from ten Iranian pomegranate cultivars depend on extraction. *Journal of Chemistry*.
- **Al-Rawahi A. S., Edwards G., Al-Sibani, M., Al-Thani G., Al-Harrasi A. S., Rahman M. S. 2014.** Phenolic constituents of pomegranate peels (*Punica granatum* L.) cultivated in Oman.
- **Amellal-Chibane H. 2008.** Aptitude technologiques de quelques variétés communes de dattes : formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de doctorat en technologies alimentaires. Faculté des sciences de l'ingénieur. Université BOUMERDES. Pp. 164.
- **Amina M. D. 2018.** *Etude phytochimique et activité biologique des deux espèces: Teucrium polium L. et Pituranthos chloranthus Coss et Dur* (Doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar-Annaba).
- **Amira B. O. U. Y. E. D. D. A., HARIDI Imen M. R. 2021.** La perception des critères de qualités retenues par le client à l'achat et à la consommation du yaourt.
- **Amouchas L., Abed A. 2022.** Elaboration d'un yaourt brassé de pulpe et d'écorce de Cucuribita pepo. Mémoire de master. université de Béjaia.
- **Analie L.H., Viljoen B.C. 2001.** Review: Yogurt as probiotic carrier food. *International Dairy Journal*, 11, 1-17.
- **André Eck. 1975.** Le lait et l'industrie laitière. Presses universitaires de France. P5.
- **ANONYME. 1992.** Norme Internationale ISO 5492. Analyse sensorielle ; contrôle de la qualité des produits alimentaires. AFNOR

### B

- **Bakhtaoui H. 2019.** Effet des extraits phénoliques des écorces de grenade (*Punica granatum* L.) sur l'évolution des paramètres physicochimiques et microbiologiques d'un lait fermenté de type yaourt (Mémoire de fin d'étude Master. université de Mostaganem).

- **Bakhtaoui H., Kerroumi C., Dihaj D., Boulal A. 2022.** Essais d'ajout du sirops des dattes variétés (Takerboucht et Tinnkour) sur la qualité d'un yaourt étuvé (Doctoral dissertation, UNIVERSITE AHMED DRAIA-ADRAR).
- **BEAL C., SODINI I.2012.** Fabrication des yaourts et des laits fermentés, Techniques de l'Ingénieur f6315, Paris-France, 16p.
- **Beal C., Sodini I. 2003.** Fabrication des yaourts et des laits fermentés. In Technique de l'ingénieur, traité Agroalimentaire, F6 315.Pp. 2-16.
- **Béal C., Marin M., Fontaine E., Fonseca F., Oberth J. P.2008.** Production et conservation des ferments lactiques et probiotiques. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, France
- **Béal C., Helinck S. 2019.** Fabrication des yaourts et des laits fermentés.
- **Benaissa A., Babelhadj B., Zahari N., Khouildi H.,Babelhadj T.2016.** Contribution à l'étude de quelques critères physicochimiques de l'eau vendue en citernes dans la Wilaya d'Ouargla. Journal of Advanced Research in Science and Technology, 3(2). p : 351-359.
- **Bendou N., 2018.** Essai d'élaboration d'un yaourt fonctionnel à base de Pulicaria odora et de plaquemine (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- **Bosgiraud. 2003.** In Etude d'un extrait coagulant de fleurs de cardon (Cynara Cardunculus L) comme succédané de présure : Bouraoud D et Hakim K.2003-2004.
- **Bottazzi V., Battistotti B., Montescani G. 1973.** Influence des souches seules et associées de L. bulgaricus et St. thermophilus ainsi que des traitements du lait sur la production d'aldéhyde acétique dans le yaourt. Le lait, p 53, p 295-308.
- **Boubchir-ladj K.2011.** Effet de l'enrichissement (avec concentrés des protéines laitières) et de paramètres technologiques sur la qualité du yaourt fabriqué SOUMMAM. Thèse présentée pour l'obtention du diplôme de magister d'Université Moloud Mammeri de TiziOuzou. 63p.

- **Boumrah C., Khirouni R. 2021.** Evaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique du lait UHT et lait en poudre Mémoire de master. Université 8 mai 1945-Guelma. P 44.
- **Bounar A. 2019.** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique du lait pasteurisé et du lait UHT pendant la période de consommation. Mémoire de master. Université 8 mai 1945-Guelma. P 36.
- **Bounar S., Aries Y., Boussouf L. E. 2022.** Elaboration d'un yaourt étuvé enrichi par l'extrait de la figue sèche et évaluation de sa qualité (Doctoral dissertation, Université de Jijel).
- **Bourgeois C. M., Leveau J.Y. 1991.** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. Volume 3. Edition Lavoisier TEC&DOC. p 139, 200, 350.
- **Bousba S., Raby H. 2020.** Incorporation de sirop de figes dans un yaourt nature et sa caractérisation sensorielle (mémoire de fin d'étude Master, université Buira).
- **Bouteldja M., Bouchatal R. 2020.** Essai d'élaboration d'un yaourt fonctionnel sucré par la poudre des dattes (mémoire de fin d'étude Master, université Buira).
- **Boutheina F., Triki T., Guasmi F., Ferchichi A. 2022.** Caractéristiques biochimiques et organoleptiques: Dosages des métabolites primaires et analyses sensorielles des infusions de *Punica granatum L.* Journal of Oasis Agriculture and Sustainable Development, 4(2), 129-139.
- **Brahmi H. 2018.** Essai d'élaboration d'un yaourt fonctionnel à base de mixture de probiotique et prébiotique (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- **Brahmi F., Mateos-Aparicio I., Garcia-Alonso A., Abaci N., Saoudi S., Smail-Benazzouz L., Guemghar-Haddadi H., Madani K., Boulekbache-Makhlouf L. 2022.** Optimization of Conventional Extraction Parameters for Recovering Phenolic Compounds from Potato (*Solanum tuberosum L.*) Peels and Their Application as an Antioxidant in Yogurt Formulation. Antioxidants, 11, 1401.
- **Brahmi F., Merchiche F., Mokhtari S., Smail L., Guemghar-Haddadi H., Yalaoui-Guellal D., Achat S., Elsebai M.F., Madani K., Boulekbache L. 2021.** Optimization of some extraction parameters of phenolic content from apple peels and grape seeds and enrichment of yogurt by their powders: A comparative study. J. Food Process. Preserv, 45, e15126.

- **Brule G., Jeantet R., Mahaut M. 2003.** Introduccion a la Tecnologia Quesera (Spanish Edition) (Spanish) Paperback.

### C

- **Carole., Vingola.2002.** Science et technologie du lait. Ecole polytechnique de Montréal. P 445.
- **Celik I., Temur A., Isik I. 2009.** Hepatoprotective role and antioxidant capacity of pomegranate (*Punica granatum*) flowers infusion against trichloroacetic acid- exposed in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 47(1), 145-149.
- **Cheftel J. C., Cheftel H., Besançon, P. 1980.** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Volume 1. Techniques et documentation, 3 ème édition. *Lavoisier. Paris.*
- **Chouchouli V., Kalogeropoulos N., Konteles S. J., Karvela, E., Makris, D. P., Karathanos V. T. 2013.** Fortification of yoghurts with grape (*Vitis vinifera*) seed extracts. *LWT-Food Science and Technology*, 53(2), 522-529.
- **CODEX ALIMENTARIUS. 1975.** Normes n°A 11 (A).-Rome : FAO/OMS.p :86.
- **Corrieu G.,Luquet F.M. 2005.** Bactéries lactiques et probiotiques. Editions Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.

### D

- **Devatkal S. K., Narsaiah K., Borah A. 2010.** Anti-oxidant effect of extracts of kinnow rind, pomegranate rind and seed powders in cooked goat meat patties. *Meat Science*, 85(1), 155-159.
- **Devatkal S. K., Narsaiah, K., Borah, A. 2010.** Anti-oxidant effect of extracts of kinnow rind, pomegranate rind and seed powders in cooked goat meat patties. *Meat Science*, 85(1), 155-159.
- **Dinkçi N., Akta M., Akdeniz V., SirbuA. 2021.** The Influence of Hazelnut Skin Addition on Quality Properties and Antioxidant Activity of Functional Yogurt. *Foods*, 10, 2855.
- **DOLEYRES Y. (2003).** Production en conteneur du ferment lactique probiotique par la technologie des cellules immobilisées. Thèse Doctorat. Université de Laval. Quebec. 167 pages.
- **Duman A.D., Ozgen M., Dayisoğlu K. S., Erbil N.,Durgac C. (2009).**Antimicrobial activity of six pomegranate (*Punica granatum L.*) varieties and

their relation to some of their pomological and phytonutrient characteristics. *Molecules*, 14(5), 1808-1817.

### E

- **Enkelejda P. 2004.** Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la saveur, thèse de doctorat en science des aliments. INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE PARISGRIGNON.

### F

- **FAO.1995.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Amazon,Rome,Italie.
- **Fisberg M., Machado R. 2015.** History of yogurt and current patterns of consumption *nutrition reviews*, 73(suppl\_1), 4-7.
- **FM. Luquet** Lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre, V1 Ed, Tec et Doc Lavoisier Paris 1985.
- **France, 1994–1998.** *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 20, 299-308.
- **Fredot E., 2005.** Connaissance des aliments. Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Ed. Lavoisier, Paris.

### G

- **Ghazaleh M., Mohammad, S., Gholamreza, H., Mahnaz, K., & Mannan, H. (2013).** Anti-ulcerogenic activity of the pomegranate peel (*Punica granatum*) methanol extract. *Food and Nutrition Sciences*, 2013.
- **Gonzalez, J. A.; Konishi, Y. ; Bruno, M. ; Valoy, M. ; Prado, F. E., 2011.** Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *J. Sci. Food Agric.*, 92 (6): 1222–1229
- **González-Sarrías A., García-Villalba R., Núñez-Sánchez M. Á., Tomé- Carneiro J., Zafrilla P., Mulero J., Tomás-Barberán F. A., Espín, J. C. 2015.** Identifying the limits for ellagic acid bioavailability: A crossover pharmacokinetic study in healthy volunteers after consumption of pomegranate extracts. *Journal of Functional Foods*, 19, 225-235.
- **Guiraud J.P. 2012.** Microbiologie alimentaire. Dunod, Paris

- **Guiraud Jet Galzy P. 1980.** Analyse microbiologiques dans les industries agroalimentaires. Edition l'usine nouvelle. p43.
- **Guiraud J-P. 1998.** microbiologie alimentaire, édition DUNOD. p369.
- **Gürsoy A., Durlu-Özkaya F., Yildiz F ., Aslim B. 2010.** set type yoghurt production By Exopolysaccharide Producing Turkish Origin Domestic Strains of Streptococcus Thermophilus (W22) and Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus (B3). Kafkas Üniversiteler Veteriner Fakültesi Dergisi, 16, 81-86
- **Gürsoy A., Durlu-Özkaya F., Yildiz F., Aslim B., 2010.** Set Type Yoghurt Production by Exopolysaccharide Producing Turkish Origin Domestic Strains of Streptococcus thermophilus(W22) and Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus (B3). Kafkas Üniversiteler Veteriner Fakültesi Dergisi, 16, 81-86.

### H

- **Hachana et al .2017.** journal of new science, agriculture and biotechnology, 41(7), 2243-2252
- **Hadjer A., Habchi Randa S. R. 2022.** Etude de l'impact des fruits rajoutés sur la qualité physicochimique et microbiologique d'une marque locale de yaourt.
- **Hassan A., Amjad, I. 2010.** Nutritional evaluation of yoghurt prepared by different starter cultures and their physicochemical analysis during storage. *African Journal of Biotechnology*, 9(20).
- **Heber D., Schulman R. N., Seeram N. P. 2006.** Pomegranates: ancient roots to modern medicine. CRC press.
- **Hermier J ., Accola, J.P., Desmazeaud M .1996.** Les yaourts et les laits fermentés. In Microbiologie alimentaire. Aliments fermentés et fermentation alimentaires. Ed2. Tec et Doc. Lavoisier-Paris .2:310-317. • Hussein S.R., Marzouk M.M., Soltan M.M., Ahmed E.K
- **Hmid I. 2013.** Contribution à la valorisation alimentaire de la grenade marocaine (Punica

### I

- **Irkin R., Eren U.V .2008.** A research about viable Lactobacillus bulgaricus and Streptococcus thermophilus numbers in the market yoghurts. *World Journal of Dairy & Food Sciences* 3 (1) : p 25- 28.

### J

- **J.O.R.A .1998.** Spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires.N°35.
- **J.O.R.A. 2014.** Méthode de détermination de la teneur totale en matière sèche des fromages et des fromages fondus. N° 25.
- **J.O.R.A .1998.** Spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires.N°35.
- **J.O.R.A. 2015.** Recherche et dénombrement des levures et moisissures.
- **J.O.R.A. 2017.** Arrêté du 20 novembre 2017 rendant obligatoire la méthode de préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique des laits et des produits laitiers. N°74.
- **Jalal H., Pal M. A., Hamdani H., Rovida M., Khan N. N. 2018.** Antioxidant activity of pomegranate peel and seed powder extracts. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5), 992-997.
- **Jayaprakasha G. K., Rao L. J. 2000.** Phenolic constituents from the lichen *Parmotrema stippeum* (Nyl.) Hale and their antioxidant activity. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 55(11-12), 1018-1022.
- **Jeantet R., Croguennee T., Schuck P., Brulé G.2007.** Science des aliments, Technologie des produits alimentaires. Vol 2, Tec et Doc.
- **Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P., Brule, G. (2008).** Les produits laitiers.
- **Johanningsmeier S. D., Harris G. K. 2011.** Pomegranate as a functional food and nutraceutical source. *Annual review of food science and technology*, 2, 181-201.
- **Jyotsana S., Maity A. 2010.** Pomegranate phytochemicals: nutraceutical and therapeutical values. *Pomegranate. Fruit Veg. Cereal Sci. Biotechnol*, 4, 56-76.

### K

- **Kahina B. 2010.** Effet de l'enrichissement (avec des concentres de protéines laitiers) et des paramètres technologiques sur la qualité du yaourt fabrique à la laiterie soummam d'akbou. Université de mouloud mammeri de tiziouzou, p4.
- **Kanatt S. R., Chander, R., Sharma A. 2010.** Antioxidant and antimicrobial activity of pomegranate peel extract improves the shelf life of chicken products. *International journal of food science & technology*, 45(2), 216-222.

- **Kearney M., Schuck S., Burden K., Aubusson P. 2012.** Viewing mobile learning from a pedagogical perspective. *Alt-J-Research In Learning Technology*, 20(1).

### L

- **Labioui H., Elmoualdi L., El Yachioui M., Ouhssine M. 2005** .sélection de souches de bactéries lactiques antibactériennes. *bull-Paci Kora*, E. 2004. Interaction physicochimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la saveur ? Thèse de doctorat de l'institut national agronomique de ParisGrignon, science des aliments, 258p. Sac.Pharm. Bardeaux. P 237-250.
- **Lairini S., Bouslamti R., Zerrouq F., Farah A. 2014.** Valorisation de l'extrait aqueux de l'écorce de fruit de *Punica granatum* par l'étude de ses activités antimicrobienne et antioxydante (Enhancement of the aqueous extract of the bark of *Punica granatum* fruit through the study of its antimicrobial and antioxidant activities). *J Mater Environ Sci*, 5(S1), 2314-2318.
- **Lansky E. P., Newman R. A. 2007.** *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of ethnopharmacology*, 109(2), 177-206.
- **Lansky E., Shubert S., Neeman I. 2000.** Pharmacological and therapeutic properties of pomegranate. Production, processing and marketing of pomegranate in the Mediterranean region: *Advances in research and technology*, 231-235.
- **Lapointe-Vignola. 2002.** Science et technologie du lait: transformation du lait: Presses internationales Polytechnique
- **Laredj ., H. O. C. I. N. E. 2017.** Caractérisation microbiologique et physicochimique des miels produits au niveau de la région de Tiaret (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun-Tiaret-).
- **Lee EY., Wong GCL., Ferguson AL. Machine learning-enabled discovery and design of membrane-active peptides. Bioorg Med Chem. 2018 Jun 1;26(10):2708-2718. doi: 10.1016/j.bmc.2017.07.012. Epub 2017 Jul 8. PMID: 28728899; PMCID: PMC5758442.**
- **Lee H. S., Song M. W., Kim K. T., Hong, W. S., Paik H. D. 2021.** Antioxidant effect and sensory evaluation of yogurt supplemented with hydroponic ginseng root extract. *Foods*, 10(3), 639.

- **Loones A. 1994.** Lait fermenté par les bactéries lactiques. In «bactéries lactiques». Volume 2. Edition, Lorica, Paris. P 37-151.
- **Luquet F.M. .1990.** Les produits laitiers : Vache. Brebis. Chèvre. Techniques et Documentation, 2ème édition, Lavoisier, Paris. P 43-57.
- **Luquet F.M. ., Corrieu G. 2005.** Les Bactéries lactiques et probiotiques. Ed. Technique et Documentation. Lavoisier. Paris. Pp. 53-57.
- **Luquet.1985.** Lait et produits laitiers : transformation et technologie. Ed.Techniques et Documentation Lavoisier, 633 p.
- **Luquet F.M. 1990.** Les produits laitiers transformation et technologie. 2e édition lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tech-doc Apria Lavoisier. P2-85-206.
- **Luquet FM., carrieu G. 2005.** bactéries lactique et probiotique. Collection science et techniques agroalimentaires, Ed Lavoisier. Tec et Doc, Paris,307p

### M

- **Mabrouka, B. O. U. S. A. T. L. A., & Amira, Z. A. R. A. A. (2020).** Estimation du potentiel antioxydant et antimicrobien de l'extrait méthanolique de l'écorce de grenade (Doctoral dissertation, Université laarbi tebessi tebessa).
- **Mahaut M., Jeantet R., Brule G et Schuck P. 2000.** Les produits industriels laitiers. Editions technique et documentation, Lavoisier, Paris. P 31, 35, 37.
- **Mahaut M., Jeantet R., Brule G., Schuck P. 2005.** Les produits industriels laitiers. Ed : Tec et Doc ; Lavoisier. France, P 1-40.
- **Mahaut M., Jeantet R., Brulé G., Schuck P. 2000.** Les produits industriels laitiers. Tech et Doc, Lavoisier, Paris.
- **Marty-Teyssset C. De La Torre F ., Garel J-R. 2000.** Increasead production of hydrogen peroxide by lactobacillus delbruekii ssp bulgaricus upon aeration: involvement. Applied and environmental microbiology, 66(1). P 262-297.
- **Mckinley M. C .2005.** The nutrition and health benefits of yoghurt. International journal of dairy technology, vol. 58, n. 1, pp. 1-12.
- **Mehadjri Z .,Moudjeb D. 2019.**Etude phytochimiques et enrichissement d'un yaourt avec de l'écorce de grenade(mémoire de fin d'étude Master université debéjaia).

- **Mehdi H., Khaldi Randa K. R., Khouloud Z.2022.** Etude De Qaulité De Jus D'orange Commercial (Rouiba/Tchina)..H. Pointurier. La gestion matière dans l'industrie laitière. Tec et Doc Lavoisier France 2003.
- **Mena P., Calani L., Dall'Asta C., Galaverna G., García-Viguera C., Bruni R., Crozier, Van Elswijk D. A., Schobel U. P., Lansky E. P., Irth, H., van der Greef, J. 2004.** Rapid dereplication of estrogenic compounds in pomegranate (*Punica granatum*) using on-line biochemical detection coupled to mass spectrometry. *Phytochemistry*, 65(2), 233-241. microbiologique du fromage fondu en bloc. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie.
- **Miloud R. 2019.** Contribution à la valorisation d'une plante médicinale de grenadier (*Punica granatum* L) de la région de Biskra, Mémoire de Mastère : Université de Biskra, p13, 14,15
- **Mirdehghan S. H., Rahemi, M. 2007.** Seasonal changes of mineral nutrients and phenolics in pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. *Scientia Horticulturae*, 111(2), 120-127.
- **Mirdehghan S. H., Rahemi M. 2007.** Seasonal changes of mineral nutrients and phenolics in pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. *Scientia Horticulturae*, 111(2), 120-127.
- **MODLER H.W. 1985.** Functional properties of nonfat dairy ingredients. A review. Modification of products containing casein. *Journal of Dairy Science*, 68, 2195-2205.
- **Mohamed Amine Ben Abdennebi. 2012.** Le grenadier tunisien (*Punica granatum*) stimule le transport de glucose dans les cellules musculaires C2C12 via la voie insulino-dépendante de l'Akt et la voie insulino-indépendante de l'AMPK. Mémoire., Fac. Med. Tunis, 82p.
- **Mohammeed H.A., Abu-Jdayil B., Al- Shawabkeh A.2004.** Effect of solid concentration on the rheological properties of Labneh (concentrated yoghurt) produced from sheep milk. *Journal of Food Engineering*, 61, 347-352.
- **Moreau R.1957.**Des dangers que semble comporter l'utilisation de l'alcool isoamylique dans les laboratoires d'analyses de laiteries. *Le Lait*, 37(368), 501-503.
- **Moreno P. M., Valero R. M. 1992.** El granado. Mundi-Prensa.
- **Mouedden N.R. 2009.** stimulation d'un plan HACCP au niveau de la chaine de fabrication du yaourt pour la mise en place d'un plan assurance qualité Cas laiterie yaourtière DAHRA. Mémoire de magister. Université d'Oran.

### N

- **Nagai T., Makino S., Ikegami S., Itoh H., Yamada H. 2011.** Effects of oral administration of yogurt fermented with *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* OLL1073R-1 and its exopolysaccharides against influenza virus infection in mice. *International Immunopharmacology* 11, 2246-2250.
- **Nagaoka S. 2019.** Yogurt production, In: *Lactic acid bacteria. Methode and protocole.* New York. Humana Press. Pp 45-54.
- **Nakasaki K., Yanagisawa M., Kobayashi K. 2008.** Microbiological quality of fermented milk produced by repeated-batch culture. *Journal of Bioscience and bioengineering*, 105(1): 73, 76.
- **NOZNICK P.P. 1982.** Dairy Ingredients in food. *Bulletin de la Fédération Internationale de Laiterie*, 142, 60-66.

### O

- **Olapour S., Najafzadeh H. 2010.** Evaluation Analgesic, Anti-Inflammatory and Antiepileptic Effect of Hydro Alcoholic Peel Extract of " *Punica granatum* (pomegranate)". *Asian Journal of medical Sciences*, 2(6), 266-270.
- **Otaibi M. A., Demerdash H. E. 2008.** Improvement of the quality and shelf life of concentrated yoghurt (labneh) by the addition of some essential oils. *African Journal of Microbiology Research*, 2(7), 156-161.

### P

- **Pacikora E. 2004.** Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la flaveur? Thèse de doctorat. Institut national agronomique. Paris-Grignon. France.258p
- **Pierre Cauchard .2013.** La grenade : Organisation de la filière, opportunités et contraintes pour son développement.
- **POINTURIER H. 2003** .La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France: 64 (388 pages).
- **Prito P., Pineda M., Aguilar M. 1999.** Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific application to the determination of vitamin. *Analytical biochemistry* Pp337-341.

### R

- **Reddy M. K., Gupta S. K., Jacob M. R., Khan S. I., Ferreira D. 2007.** Antioxidant, antimalarial and antimicrobial activities of tannin-rich fractions, ellagitannins and phenolic acids from *Punica granatum* L. *Planta medica*, 53(05), 461-467.
- **Rohman A., Riyanto S., Yuniarti N., Saputra W.R., Utami R., Mulatsih W. 2010.** Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts and fractions of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam). *International Food Research Journal*, 17, 97-106.

### S

- **Saint-Eve A., Le'vy C., Le Moigne M., Ducruet V., Souchon I. 2008.** Quality changes in yogurt during storage in different packaging materials *Food Chemistry*, p 110, p 285– 293
- **Salehi M., Ghorbani M., Mahoonk A.S., Khomeiri M. 2021.** Physicochemical, antioxidant and sensory properties of yogurt fortified with common purslane (*Portulaca oleracea*) extract. *J. Food Meas. Charact.*, 15, 4288–4296.
- **Schubert S. Y., Lansky E. P., Neeman I. 1999.** Antioxidant and eicosanoid enzyme inhibition properties of pomegranate seed oil and fermented juice flavonoids. *Journal of ethnopharmacology*, 66(1), 11-17.
- **Seeram N. P., Risa N. S., Heber D. 2006.** *Pomegranates Ancient Roots to Modern Medicine* CRC Press Taylor & Francis Group Medicinal and aromatic plants— industrial profiles, 263p, ISBN : 0-8493-9812-6.
- **Seeram N., Schulman R. 2006.** *Pomegranate. Ancient roots to modern medicine.* Ed. Taylor and Francis. France. 244 pages.
- **Serra M., Trujillo A.J., Guamis B., Ferragut V. 2009.** Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk. *Food Hydrocolloids*. 23, 82–91
- **Shakeel Hanif M., Zahoor T., Iqbal Z., Ihsan-ul-Haq., Arif A.M. 2012.** Effect of storage on rheological and sensory characteristics of cow and buffalo milk yogurt. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 22, 61-70.T
- **Shaygannia E., Bahmani M., Zamanzad B., Rafieian-Kopaei M. 2016.** A review study on *Punica granatum* L. *Journal of evidence-based complementary & alternative medicine*, 21(3), 221-227.

- **Shori A. B. 2020.** Inclusion of phenolic compounds from different medicinal plants to increase  $\alpha$ -amylase inhibition activity and antioxidants in yogurt. *Journal of Taibah University for Science* 14(1), 1000-1008.
- **Sodini I., Beal C.2012.** Fabrication des yaourts et laits fermentés. *Techniques de l'Ingénieur (F 6315)*. Paris- France, 16 p. *Technique de l'ingénieur*, Paris, France, p
- **Spilmon M.2013.** Intérêt de la grenade dans la prévention nutritionnelle de l'ostéoporose : rôle des fractions lipidiques et polyphénoliques, approches physiologiques, cellulaires et moléculaires. *Thèse de Doctorat*. france. 173 pages.
- **Surveswaran S., Cai Y.-Z., Corke H., Sun M. 2007.** Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants. *Food chemistry*, 102(3), 938-953.

### T

- **Tamime A.Y., Deeth H.C .1980.** Yoghurt: technology and biochemistry. *Journal of Food protection* Vol. 43, No.12, P 939-977.
- **Tamime A. Y., Robinson R. K. 1985.** Yoghurt: science and technology. Pergamon Press.
- **Tembely A. 2021.** Etude phytochimique et activité antiradicalaire de trois plantes pour la mise au point de bains de bouche USTTB].
- **Terre S., 1986.** Propriétés technologiques, nutritionnelles et physiologiques. *Streptococcus thermophilus et Lactobacillus bulgaricus*. *Techniques Laitière et Marketing*, 1008. P 26-36.
- **Trémolière Y.S., Jacquat R., Depin H.1984.** Manuel d'alimentation humaine. Edition ESF. Tome 2 : PP176-185

### U

- **USDA.2001.** USDA Specifications for Yogurt, Nonfat Yogurt and Lowfat Yogurt. Dairy Programs. Agricultural Marketing Services. United States Department of Agriculture: Washington, DC.

### V

- **Viuda-Martos M., Fernández-López J., Pérez-Álvarez J.2010.** Pomegranate and its many functional components as related to human health: a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(6), 635-654.

### W

- **Wald E.2009.** Le grenadier (*Punica granatum*): plante historique et évolutions thérapeutiques récentes UHP-Université Henri Poincaré. Pages 36
- **Wang X., Kristo E., La Pointe G. 2020.** Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. *Food Hydrocoll*, 100, 105453.
- **Wu K., Feskanich D., Fuchs C. S., Willett, W. C., Hollis, B. W., Giovannucci, E. L.2007.**A nested case–control study of plasma 25-hydroxyvitamin D concentrations and risk of colorectal cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 99(14), 1120-1129.

## **Z**

- **Zaouay F., Mena P., Garcia-Viguera C., Mars, M.2012.**Antioxidant activity and physico-chemical properties of Tunisian grown pomegranate (*Punica granatum L.*) cultivars. *Industrial Crops and Products*, 40, 81-89.

# **Annexes**

## Annexe I : Appareillage Petit matériels

**Tableau :** présentation des appareils et matériels utilisées pour les différentes analyses.

Appareillage	Petit matériels
<ul style="list-style-type: none"><li>• Agitateur magnétique</li><li>• Balance</li><li>• Bain marie</li><li>• Butyromètre</li><li>• Centrifugeuse</li><li>• Dessiccateur</li><li>• Etuve</li><li>• Ph mètre</li><li>• Plaque chauffante</li><li>• Réfrigérant</li><li>• Thermomètre</li><li>• Four à moufle</li><li>• Four pasteur</li><li>• Spectromètre</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Boite de pétri</li><li>• Capsules</li><li>• Eprouvettes graduées</li><li>• Fioles coniques</li><li>• Fioles coniques (200 ml)</li><li>• Flacons (250ml)</li><li>• Pipettes graduées</li><li>• Pipettes pasteur</li><li>• Micro-pipette</li><li>• Support du tube à essai</li><li>• Spatules</li><li>• Fouer d’Inox</li><li>• Tubes a essaies</li><li>• Entonnoir</li><li>• Papier filtre</li><li>• Pissette</li><li>• Becher</li><li>• Burette</li></ul>

## Annexe II : Produits chimiques et réactifs

**Tableau** : Listes des réactifs

<b>Les Réactifs</b>	
□	Acide sulfurique pur( $H_2SO_4$ )
•	Phénol phétalen
□	Phosphate de sodium
□	Alcool iso amylique
•	Molybdate d'ammonium
□	Folin-ciocalteu
□	Acide gallique
□	Phosphate de sodium
□	Hydroxyde de sodium NAOH
□	Methanol 80%
•	Eau distillé

