



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

M<sup>lle</sup>. KHALFA Hafsa

M<sup>lle</sup>. BOUALI Kheira

M<sup>lle</sup>. MIMOUNI Hassiba

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité: Biotechnologies Alimentaire

Thème

Effet de l'extrait hydroéthanolique  
des graines de *Foeniculum vulgare*  
sur la qualité d'un yaourt ferme.

Soutenue publiquement le :

Devat le jury :

Mme. AIT CHABANE Ouiza	Présidente	MCB	Univ.Mostagenem
M.AIT SAADA Djamal	Rapporteur	MICA	Univ.Mostagenem
M.BEKADA ahmed Ali	Examineur	Professeur	C.U.de Tissemsilt
Mme.HAMOU Faiza	Invitée	MAA	Univ.Mostagenem

Thème réalisé au laboratoire Technologie Alimentaire et Nutrition - Université de Mostaganem

Année universitaire : 2020-2021.

## *REMERCIEMENTS :*

*On remercie, tout d'abord, Dieu le Tout-Puissant pour nous avoir donné la santé et la volonté de commencer et de terminer ce mémoire de fin d'études.*

*Le travail n'aurait pas été aussi riche et n'aurait pas été possible sans l'aide et l'encadrement de Monsieur AIT SAADA Djamel, MCA à l'université de Mostaganem ; nous le remercions pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur scientifique et sa disponibilité tout le long de la préparation de cette modeste étude.*

*Nos remerciements vont droit à Mme AIT CHAABAN Ouziza pour son aide pratique, son soutien moral et ses encouragements.*

*On remercie dans la même ligne de conduite les membres de jury M .BEKADA.A.M.A, professeur à l'université de Tissemsilt, d'avoir accepté d'examiner et d'enrichir ce modeste travail.*

*Nos remerciements s'adressent également à tous les professeurs et doctorantes en l'occurrence M<sup>lle</sup> BOUCHIBANE Malika pour leurs générosités et leurs grandes patiences, dont ils ont fait preuve malgré leur responsabilité académiques pédagogiques et professionnelle.*



## Résumé:

L'étude expérimentale est consacrée à l'évaluation d'une part des effets inhibiteurs de l'extrait aqueux de *Foeniculum vulgare* sur la croissance des germes spécifiques du yaourt, et d'autre part de l'impact de l'ajout de cet extrait à différentes doses comme additif naturel sur l'évolution des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques d'un lait fermenté (type yaourt étuvé) au cours des périodes de fermentation et de post acidification. L'extrait de la plante objet de l'étude a été obtenu par macération d'une prose de matière végétale de la graine de fenouil dans une solution hydroéthanolique. L'extrait récupéré a été ensuite incorporé à 0, 2 et 4% dans la préparation d'un lait fermenté type yaourt étuvé. Les différentes mesures et contrôles ont été réalisés en triples essais périodiquement au 1<sup>er</sup>, 7<sup>ème</sup>, 14<sup>ème</sup> et 21<sup>ème</sup> jour de conservation des laits fermentés expérimentaux au froid à 4°C et ont porté sur : le pH, l'acidité, la viscosité, le dénombrement des germes spécifique du yaourt, et les tests organoleptiques dont (gout, adhésivité, cohésivité, fraîcheur, couleur...etc. Les résultats ont subi une analyse de variance et une comparaison des moyennes deux à deux selon le test Newman et Keuls.

L'ajout d'extrait hydroéthanolique de *Foeniculum vulgare* dans le lait fermenté même à une dose sévère de 4% n'a pas affecté l'acidité, le pH, la viscosité et même l'accroissement des germes *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*.

Par ailleurs, le lait fermenté additionné d'extrait aqueux de fenouil à 2 et 4 % ont été très bien appréciés par le jury de dégustation, au même titre que le yaourt témoin.

**Mots clés :** *Foeniculum vulgare*, Yaourt, extrait hydroéthanolique, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*.

## **Abstract :**

The experimental study is devoted to the evaluation on the one hand of the inhibitory effects of the aqueous extract of *Foeniculum vulgare* on the growth of specific yoghurt germs, and on the other hand of the impact of the addition of this extract. At different doses as a natural additive on the evolution of the physico-chemical, microbiological and organoleptic parameters of a fermented milk (of the parboiled yogurt type) during the periods of fermentation and post-acidification. The extract of the plant under study was obtained by macerating a prose of plant material from the fennel seed in a hydroethanolic solution. The recovered extract was then incorporated at 0, 2 and 4% in the preparation of a fermented milk such as stewed yogurt. The various measurements and controls were carried out in triple tests periodically on the 1st, 7th, 14th and 21st day of storage of the experimental fermented milks in the cold at 4 ° C and related to: pH, acidity, viscosity, enumeration germs specific to yogurt, and organoleptic tests including (taste, adhesiveness, cohesiveness, freshness, color, etc. The results have undergone an analysis of variance and a comparison of means in pairs according to the Newman and Keuls test.

The addition of hydroethanolic extract of *Foeniculum vulgare* in fermented milk even at a severe dose of 4% did not affect the acidity, pH, viscosity and even the growth of the bacteria *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. In addition, the fermented milk with the addition of 2% and 4% aqueous fennel extract was very well appreciated by the tasting panel, as was the control yogurt.

**Key words:** *Foeniculum vulgare*, Yoghurt, hydroethanolic extract, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*.

## ملخص

الدراسة التجريبية كرسست لتقييم التأثيرات المثبطة للمستخلص المائي لـ *Foeniculum vulgare* من ناحية على نمو جراثيم معينة من الزبادي، ومن ناحية أخرى تأثير إضافة هذا المستخلص. بجرعات مختلفة كمادة مضافة طبيعية على تطور العوامل الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والحسية للحليب المخمر (من نوع الزبادي المسلوق) خلال فترات التخمر وما بعد التخمير. تم الحصول على مستخلص النبات قيد الدراسة عن طريق نثر من مادة نباتية من بذور الشمر في محلول مائي إيثانولي. تم دمج المستخلص المستعاد عند 0 و 2 و 4% في تحضير الحليب المخمر مثل الزبادي المطهي. تم إجراء القياسات والضوابط المختلفة في اختبارات ثلاثية بشكل دوري في اليوم الأول والسابع والرابع عشر والحادي والعشرين من تخزين الحليب المخمر التجريبي في البرد عند 4 درجات مئوية والمتعلقة ب: الأس الهيدروجيني ، والحموضة ، واللزوجة ، وتعداد الجراثيم الخاصة بالزبادي واختبارات الحسية بما في ذلك (الطعم ، الالتصاق ، التماسك ، النضارة ، اللون ، إلخ. خضعت النتائج لتحليل التباين ومقارنة الوسائل في أزواج وفقاً لاختبار نيومان وكيولس. إضافة المستخلص المائي الإيثانولي من *Foeniculum vulgare* في الحليب المخمر حتى بجرعة شديدة 4% لم تؤثر على الحموضة ودرجة الحموضة واللزوجة وحتى نمو بكتيريا *Streptococcus thermophilus* و *Lactobacillus bulgaricus* بالإضافة إلى الحليب المخمر مع الإضافة من 2% و 4% مستخلص الشمر المائي تم تقديره جيداً من قبل لوحة التذوق ، وكذلك كان الزبادي الضابط.

كلمات مفتاح: *Foeniculum vulgare* ، الزبادي ، خلاصة الهيدرويثانول ، العقدية الحرارية ، الملبنة البلغارية.

## **Table des matières :**

**Remerciements**

**Résumé**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Liste des abréviations**

**Introduction** .....1

### **Partie 1 : Etude bibliographique**

#### **Chapitre I : Généralités sur le yaourt**

1-Dénomination réglementaire du yaourt.....	3
2-Changeement de la composition des yaourts fermentés.....	3
3-Caractéristiques des souches spécifiques du yaourt.....	4
4-Symbiose entre les deux souches spécifiques du yaourt.....	6
5-Intérêts des bactéries spécifique du yaourt.....	7
6-Procédés de fabrication.....	7
6.1 Traitement thermique.....	7
6.2. Ensemencement.....	8
6.3. Réchauffage.....	8
6.4. Phase d'incubation (Etuvage).....	8
6.5. Conservation des yaourts.....	9
6.6. Levain spécifique du yaourt.....	11
7. Accidents de fabrication.....	11
8. Qualité du yaourt au cours de la conservation.....	13
8.1. Qualité physico-chimique.....	13
8.3. Qualité organoleptique.....	13

## Chapitre II : Les Graines de fenouille

1. Description botanique.....	14
2. Classification.....	14
3. Composition chimique.....	15
4. Composé bioactifs.....	16
5. Intérêts santé.....	17

## Partie 2 : Méthodologie

1. Objectifs.....	18
2. Région de prélèvement et traitement préliminaires du matériel végétal.....	18
3. Extraction des composés bioactifs.....	20
4. Essai de fabrication d'un lait fermenté étuvé enrichi d'extrait de <i>Foeniculum vulgare</i> .....	21
5. Préparation du levain.....	22
6. Technologie de fabrication des laits fermentés expérimentaux.....	22
7. Mesures et contrôles.....	24
7.1. Analyses physico-chimiques.....	24
7.2. Analyses microbiologiques.....	26
7.3. Analyses sensorielles.....	27
8. Traitement statistique.....	28

## Partie 3 : Résultats et Discussion

<b>1. Résultats.....</b>	<b>29</b>
1.1. Analyses physicochimiques.....	29
1.1.1. Acidité.....	29
1.1.2. PH.....	30
1.1.2. Viscosité.....	31
1.2. Analyses microbiologiques.....	32

1.2.1. <i>Streptococcus thermophilus</i> .....	32
1.2.2. <i>Lactobacillus bulgaricus</i> .....	33
1.3. Tests organoleptique.....	34
1.3.1. Goût acide.....	35
1.3.2. Goût de fraîcheur.....	36
1.3.3. Cohésivité.....	37
1.3.4. Adhésivité.....	38
1.3.5. Couleur.....	39
1.3.6. Odeur.....	40
1.3.7. Arrière goût.....	41
<b>2. Discussion</b> .....	<b>41</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>45</b>

## **Références bibliographiques**



## Liste des tableaux :

Tableaux	Pages
<b>Tableau 01.</b> Principaux caractères des souches spécifiques du yaourt.	<b>05</b>
<b>Tableau 02.</b> Principales altérations du yaourt.	<b>12</b>
<b>Tableau 03.</b> Composition chimique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> .	<b>15</b>
<b>Tableau 04.</b> Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les variations de l'acidité titrable (°D) des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21 <sup>ème</sup> jours.	<b>29</b>
<b>Tableau 05.</b> Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les variations du PH des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21 <sup>ème</sup> jours.	<b>30</b>
<b>Tableau 06.</b> Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les variations de la viscosité des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21 <sup>ème</sup> jours.	<b>31</b>
<b>Tableau 07.</b> Effet d'incorporation à différentes concentrations d'extrait hydroéthanolique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les variations du nombre de <i>Streptococcus thermophiles</i> (UFC/ml) des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21 <sup>ème</sup> jours.	<b>32</b>
<b>Tableau 08.</b> Effet d'incorporation à différentes concentrations de l'extrait hydroéthanolique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les Variations du nombre (UFC/ml) de <i>Lactobacilles bulgaricus</i> des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21 <sup>ème</sup> jours.	<b>33</b>
<b>Tableau 09.</b> Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les variations du goût acide (somme des rangs) des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21 <sup>ème</sup> jours.	<b>34</b>
<b>Tableau 10.</b> Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les variations du goût de fraîcheur (somme des rangs) des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21 <sup>ème</sup> jours.	<b>35</b>
<b>Tableau 11.</b> Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les variations du cohésivité (somme des rangs) des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21 <sup>ème</sup> jours .	<b>36</b>
<b>Tableau 12.</b> Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les variations de l'adhésivité( somme des rangs) des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21 <sup>ème</sup> jours .	<b>37</b>
<b>Tableau 13.</b> effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les variations de la couleur (somme des rangs) des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21 <sup>ème</sup> jours.	<b>38</b>
<b>Tableau 14.</b> Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les variations de l'odeur (somme des rangs) des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21 <sup>ème</sup> jours .	<b>39</b>
<b>Tableau 15.</b> Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de <i>Foeniculum vulgare</i> sur les variations de l'arrière goût (somme des rangs)des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21 <sup>ème</sup> jours.	<b>40</b>

## Liste des abréviations :

M17 : Mannitol.

MRS: Gélose de Man-Rogosa-Sharpe.

Na Cl : Chlorure de sodium.

S/L : Rapport de souche *Streptococcus thermophilus* sur *Lactobacilles bulgaricus*.

*pH* : Potentiel d'hydrogène.

°D : Degré Dornic.

UFC : Unité formant colonie.

LB: *Lactobacillus bulgaricus*.

ST: *Streptococcus thermophilus*.

°C : Degré Celsius.

## Introduction :

Avant de connaître une consommation de niveau industriel, le yaourt étant d'origine turc n'était qu'un simple produit issu d'une fabrication traditionnelle par les crémeries ainsi que les producteurs de lait. C'est à partir du milieu du XX<sup>ème</sup> siècle que les industriels se sont mis à produire en masse des yaourts, diminuant ainsi son côté traditionnel. Aujourd'hui, le yaourt est considéré comme un produit de grande consommation et il est consommé par près de 90% de la population mondiale ; il représente la moitié du marché de l'ultra-frais.

En Algérie, une quantité considérable du lait de transformation est récoltée. Elle sert à la fabrication des produits laitiers divers comme les fromages, les yaourts et les laits fermentés. Une meilleure connaissance du comportement des bactéries lactiques vis-à-vis des composés bioactifs des nombreuses plantes médicinales pourrait permettre de mieux améliorer la qualité de ces dérivés du lait à même de produire de nouveaux produits pouvant satisfaire la demande sans cesse croissante des consommateurs.

Deux bactéries lactiques spécifiques à effet probiotiques sont impliquées dans la fabrication de yaourt à savoir : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* qui doivent êtreensemencées simultanément et se trouvées viables dans le produit fini ; à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme jusqu'à la date limite de consommation.

Avec les progrès technologiques réalisés, le yaourt apparaît comme un produit laitier très digeste qui possède une grande valeur nutritionnelle et qui est apprécié pour son goût et sa texture. C'est un produit consommé la plupart du temps comme un dessert de part le monde, car il convient à toutes les tranches d'âge et même chez les sujets intolérants au lait.

Le fenouil est une herbe avec une grande histoire d'utilisations médicinale et culinaire (**Hendawy et al., 2010**). Le nom de *Foeniculum* a été donné à cette plante par les Romains, il dérivé du mot latin foenum, c'est-à-dire herbe (**Kaur et al., 2010**). Il était bien connu par les anciens et a été cultivé par les Romains antiques pour ses graines aromatiques (**Vienna et al., 2005**). Le fenouil est communément appelé "besbes" par les populations locales.

La grande richesse de cette plante en composés phénoliques (**Conner ,1993**) nous a conduit à poser la question suivante : « Est ce que l'utilisation de l'extrait hydroéthanolique de *F. vulgare* comme adjuvant dans les produits lactière (production de yaourt par exemple) peut avoir un effet sur l'amélioration de la conservation des produits et sur la croissance des ferments lactiques tels que

les *Streptococcus thermophilus* et les *Lactobacillus bulgaricus* qui présentent des intérêts variés (industriels et nutritionnels) » ?

Nous nous sommes proposés donc dans cette étude de suivre d'une part le comportement in vitro de ces deux souches de levains lactiques spécifiques du yaourt vis-à-vis des inhibiteurs de croissance (ou composés bioactifs) des graines de fenouil extrait à l'éthanol aqueux par macération de la matière végétale de la plante et en d'autre part de connaître l'impact d'ajout de cet extrait sur la qualité et la stabilité d'un lait fermenté type yaourt ferme.

Le manuscrit objet de l'étude comporte trois parties :

- Une première partie bibliographique traitant sur le yaourt, les bactéries lactiques, et l'espèce végétale étudiée *Foeniculum vulgare*.
- Une seconde partie fait mention d'une description du matériel et des méthodes appliquées dans l'approche expérimentale en vue d'étudier les effets antimicrobiens de *Foeniculum vulgare* sur les germes *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* et leurs conséquences sur la qualité et la stabilité d'un yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C.
- Enfin, une dernière partie a été consacrée à la critique et à la discussion des résultats obtenus au terme du travail expérimental entrepris au laboratoire achevée par une conclusion et des perspectives de recherche développement à entreprendre dans un futur proche.

## Chapitre I : Généralités sur le yaourt

### 1-Dénomination réglementaire du yaourt :

La dénomination « yaourt » ou « yogourt » est réservée au lait fermenté obtenu, selon les usages loyaux et constants, par le développement des seules bactéries lactiques thermophiles spécifiques dites *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent êtreensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit fini, à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme rapportées à la partie lactée. La quantité d'acide lactique libre contenue dans le yaourt ou yogourt ne doit pas être inférieure à 7g pour 100g lors de la vente au consommateur (soit 70°Dornic minimum) (Quiberoni et al., 2010 ; Iyeret et al.,2009 ; De Vuyst et Tsakalidou, 2008 ; Delorme, 2008; Michaylova et al., 2007). Tous les produits contenant des ferments autres que ceux cités ci-dessus ne peuvent se voir attribuer le nom de yaourt mais celui de lait fermenté, ce qui est le cas de la plupart des nouveaux produits dits "produits santé".

Le yaourt est fait en introduisant des souches bactériennes spécifiques dans le lait, qui est plus tard fermenté dans des températures contrôlées (42-43°C) et des conditions environnementales (dans la cuve de fermentation), particulièrement dans la production industrielle. Les bactéries ingèrent les sucres naturels du lait et libèrent l'acide lactique comme produit. L'acidité accrue fait coaguler les protéines du lait dans une masse pleine (lait caillé) dans un processus appelé dénaturation (Robinson et Tamime, 1986). L'acidité accrue (pH = 4-5) empêche la prolifération des bactéries potentiellement pathogènes (Yildiz, 2010).

### 2- Changements de la composition des yaourts fermentés :

La principale matière première pour la fabrication du yaourt est le lait, majoritairement du lait de vache. Il est composé d'environ 88 % d'eau et de 12 % de matière sèche totale qui contient des glucides, des protéines, des graisses et des minéraux (Tamime et Robinson, 1999). La fermentation du lait entraînera des changements dans sa composition, qui sont énumérés ci-dessous.

#### ❖ Glucides :

En partant d'un lait enrichi à 2 % de poudre de lait écrémé, la teneur résiduelle en lactose du yaourt est de l'ordre de 4,5 g pour 100 g. la dégradation du lactose conduit à la formation de galactose, de glucose et d'acide lactique allant d'un taux pratiquement nul à un taux de 0,8 à 1 %, dont 50 à 100 % d'acide lactique selon les ferments. Les quantités finales de galactose vont de 1 à 1,5%. Les

concentrations de glucose et d'oligosaccharides sont très faibles (**Toba et al, 1983 ; Vidal-Valverde et al., 1984**).

❖ **Protéine :**

Les bactéries lactiques produisent des enzymes qui hydrolysent partiellement les protéines du lait. En conséquence, le yaourt contient plus de peptides libres et d'acides aminés que le lait (**Rasic et al., 1971**).

❖ **Lipides :**

Il existe une hydrolyse très modérée des triglycérides sans impact nutritionnel observable (**Alm, 1982a ; Boccignone et al., 1984**).

❖ **Minéraux :**

Il est particulièrement important de souligner la richesse en calcium du yaourt. Le lait en poudre ajouté au lait pendant la fabrication du yaourt augmente en fait la teneur en calcium par rapport au lait d'origine. Un pot de yaourt de 125 g apporte 180 à 200 mg de calcium.

❖ **Vitamines :**

La composition des vitamines du yaourt dépend principalement de celle du lait utilisé. La composition des vitamines liposolubles A et D varie en fonction de leur teneur dans le lait utilisé.

❖ **Autres aspects :**

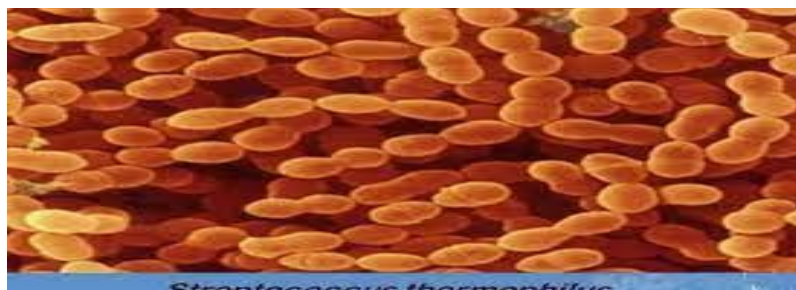
La masse de bactéries représente 1 g pour 125 g de yaourt ou de lait fermenté (**Megalla et Hafez, 1984**).

### ***3- Caractéristiques des souches spécifiques du yaourt :***

#### ***3.1 Streptococcus thermophilus :***

*Streptococcus thermophilus* est une coquille non mobile à Gram positif. Il est retrouvé dans les laits fermentés et fromages. Le rôle principal de *St. thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en

acide lactique. Outre son pouvoir acidifiant, il est responsable de la texture des laits fermentés. Il augmente la viscosité du lait en produisant des polysaccharides (composés de galactose, glucose ainsi que de petites quantités de rhamnose, d'arabinose et de mannose) (Dellagio et al., 1994) (Figure 01)



(Terre, 1986)

Figure 01. Morphologie électronique de la souche de *St. Thermophilus* (x1000).

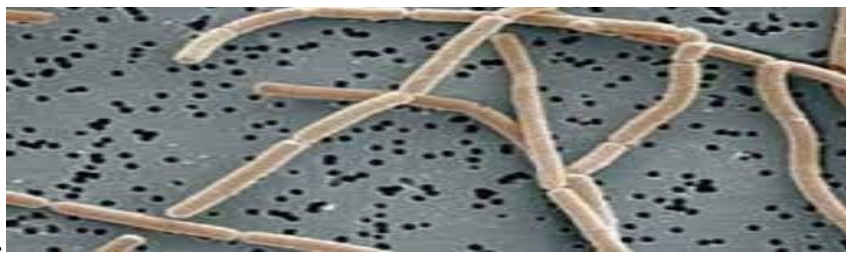
Les caractéristiques des souches spécifiques du yaourt figurent dans le (Tableau1).

<i>Streptococcus thermophilus</i>	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Croissance optimale (37-42°C).</li> <li>-Ne se développe pas ou dessous de 20°C.</li> <li>-Bactéries Homofermentaire et produisent très peu des composés contribuant à l'arome du yaourt (diacetyl, acétones, acétaldéhyde).</li> <li>-Produisent de l'acide lactique L (+) jusqu'à une concentration de 0,7à 0,8%(70à80°D).</li> <li>-Supporte un milieu acide PH (4-4.5).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Croissance optimale (42-47°C).</li> <li>-Limite de développement 15°C et 52°C.</li> <li>-Homofermentaire, et produisent peu d'acétaldéhyde (arome du yaourt).</li> <li>-Produisent de l'acide lactique D(-) jusque à une concertation de 17%(170D°).</li> <li>-Développe une activité protéolytique moyenne et une faible activité lypolytique.</li> <li>-Supporte sans difficulté un milieu acide pH (4-4.5).</li> </ul>

### 3.2 *Lactobacillus bulgaricus* :

*Lactobacillus bulgaricus* est un bacille à Gram positif immobile. Il a un métabolisme strict de fermentation avec production exclusive d'acide lactique comme principal produit final. *Lactobacillus bulgaricus* est une bactérie thermophile, très exigeante en calcium et magnésium et ses la température optimale de croissance se situe autour de 42°C. Cette bactérie joue un rôle fondamental dans le

développement des qualités organoleptiques et hygiéniques du yaourt (Marty-Teyssset et al., 2000) (Figure02) .



(Terre, 1986)

Figure02. Morphologie électronique de la souche de *Lactobacillus bulgaricus* (x1000).

#### 4-Symbiose entre les deux souches spécifiques du yaourt

Les deux espèces, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* sont des microaérophiles et vivent ensemble en symbiose dans le yaourt en produisant d'avantage d'acide lactique. Pour ce développé, ces bactéries ont besoins d'acides aminés et des peptides. Or, le lait ne contient que de faible quantité permettant seulement d'assurer le démarrage de leur croissance. Sauf que le *Lactobacillus bulgaricus* par son activité protéolytique, attaque les Caséines du lait en libérant les peptides permettant au *Streptococcus thermophilus* de poursuivre sa croissance. De plus le CO2 issue de la décarboxylation de l'urée à un rôle stimulateur vis-à-vis des *Lactobacillus* (Lemounier et al., 1998). (Figure03)

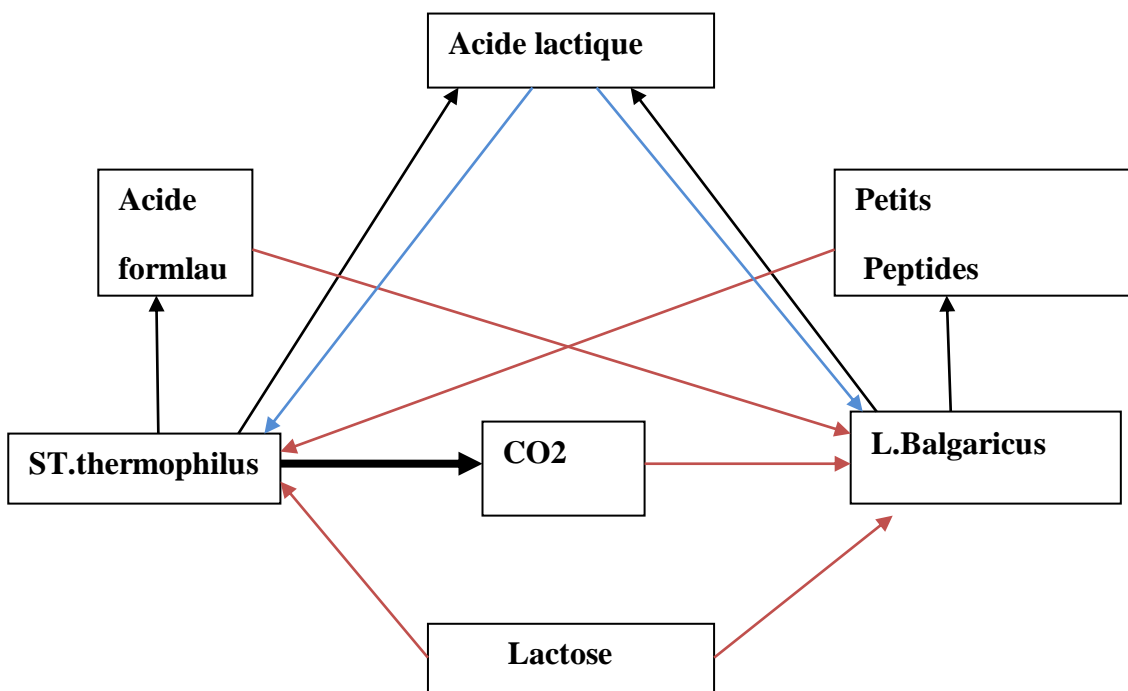


Figure 03. Interaction de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* en culture mixte dans le lait (Mahaut et al., 2000).



## **5-Interts des bactéries spécifiques du yaourt**

### **5.1. Production d'acide lactique :**

La production d'acide lactique est une des principales fonctions des bactéries lactiques en technologie laitière, car cet acide organique permet de concentrer et de conserver la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobien. Le métabolisme est de type homo-fermentaire (production exclusif de l'acide lactique).L'importance de l'acide lactique durant la fabrication du yaourt peut se résumer comme suit :

- ✓ Il aide à déstabiliser les micelles de caséines, ce qui conduit à la formation du gel ;
- ✓ Il donne au yaourt son goût distinct et caractéristique, comme il contribue à la saveur et l'aromatisation du yaourt ;
- ✓ Intervient comme inhibiteur vis-à-vis des micro-organismes indésirables (**Schmidt et al., 1994**).

### **5.2. Activité protéolytique :**

Les bactéries lactiques sont dotées de pouvoirs protéolytiques complexes par leur nature et leur location, car pour satisfaire leur besoin en acides aminés, elles doivent dégrader les protéines. Elles possèdent des endopeptidases liées aux parois qui peuvent parfois être de type acide ou neutre. Des exopeptidases sont également associées aux enveloppes cellulaires.

Le niveau de ces activités protéolytiques peut varier en fonction de certain nombre des facteurs physico-chimique ou génétiques .La température de croissance et le pH du milieu sont également des facteurs qui peuvent affecter le niveau de production d'enzymes (**Vignola, 2002**).

### **5.3. Activité texturant :**

La texture et l'onctuosité constituent, pour le consommateur, d'importants éléments d'appréciations de la qualité du yaourt. Certaines souches bactériennes produisent, à partir du glucose, des polysaccharides qui en formant des filaments, limitent l'altération du gel par les traitements mécaniques et contribuent à la viscosité du yaourt. L'augmentation de la viscosité du yaourt est en général attribuée à la production d'exopolysaccharide (**Schmidt et al., 1994**).

## **6-Procédé de fabrication**

### **6.1. Traitement thermique :**

Lorsque la préparation du lait terminée, celui-ci est soumis alors à un traitement thermique de pasteurisation (de 94 à 96°C pendant 3 à 5 minutes). Ce traitement a pour but de:

✓ Détruire les micro-organismes pathogènes pouvant être présents et la plus grande partie de la flore banale. Il permet aussi la suppression éventuelle d'inhibiteurs naturels et la stimulation des bactéries par l'apparition de facteurs de croissance.

✓ Provoquer un déplissement par dénaturation partielle des protéines solubles et leur fixation sur les caséines. Cet effet a pour conséquence d'augmenter les capacités de rétention d'eau du yaourt entraînant la modification des propriétés rhéologiques du coagulum acidifié. Le caillé devient plus ferme et la tendance à l'expulsion de sérum au cours du stockage est réduite. Avec ce traitement, le yaourt brassé présente une structure plus homogène et visqueuse (**Anonyme, 1995**).

Immédiatement après le traitement thermique, le lait reconstitué est refroidi à une température de 6°C, puis stocké dans des tanks pour être, par la suite ensemencé.

### 6.2. Ensemencement :

C'est l'inoculation dans le lait des deux germes spécifiques du yaourt, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* dans des proportions 2/1 pour le yaourt nature et jusqu'à 10/1 pour les yaourts fruités (**Luquet, 1990**). La quantité de culture ajoutée au lait peut être influencée par l'activité des germes, le temps d'incubation et la température (**Corvi, 1997**). Ainsi, pour des températures d'incubation de (40 à 50 °C), le taux d'inoculation est de entre 1 et 3 % (**Luquet, 1990**). De plus, la répartition des germes doit être bonne et régulière. Dans le lait l'activité du levain doit atteindre en fin d'incubation de 85 à 90°D (**Guyot, 1992**).

### 6.3. Réchauffage :

Le lait reconstitué ainsi ensemencé est amené à une température généralement voisine de 45 °C, par passage à travers des réchauffeurs à plaques. La température optimale de développement du Streptocoque est de 42- 45°C ; celle du Lactobacille de 47 -50°C.

Selon les régions, les consommateurs préfèrent des yaourts plus ou moins acides et plus ou moins aromatiques. Les caractères recherchés dépendent des souches utilisées et de la température d'incubation. En abaissant celle-ci de 1 à 3°C (42-44°C), on favorise le développement du streptocoque et donc la production d'arôme. Si en l'augmentant légèrement (45-46 °C), on favorise le lactobacille et donc la production d'acide.

### 6.4. Phase d'incubation (Etuvage) :

Selon la nature du yaourt à fabriquer, on procède soit à une incubation au niveau des chambres chaudes (dans le cas du yaourt ferme) ou à une fermentation en cuve (dans le cas d'un yaourt brassé).

#### a) Etuvage :

Dans le cas des yaourts étuvés (dit aussi en pot, fermes ou traditionnels), le lait ensemencé est rapidement réparti en pots en plastique (poly-vinyl).

Dans le cas des yaourts sucrés, aromatisés, aux fruits, à la confiture... etc., l'apport des additifs se fait avant le remplissage des pots.

Après le capsulage (fermeture étanche par une membrane en aluminium), les pots sont acheminés vers une chambre chaude pour incubation qui dure environ de 2 à 3 heures. L'acidification dépend de la température et de la durée d'incubation. Les pots sont maintenus dans l'étuve jusqu'à l'obtention d'une acidité de 0,75 (au minimum) à 1% environ d'acide lactique, soit 75 à 100° Dornic. Le caillé obtenu dans ces conditions doit être ferme, lisse et sans exsudation de sérum.

Une fois l'acidité attendue est atteinte, les pots de yaourts sont alors immédiatement sortis des locaux d'étuvage, refroidis le plus rapidement possible à la température de +4°C, ce qui a pour but d'arrêter l'acidification par inhibition des bactéries lactiques. Les pots sont ensuite stockés à cette température pendant 12 à 24 heures pour augmenter la consistance du produit sous l'effet du froid.

### **6.5. Conservation des yaourts :**

Préparés selon une technologie rigoureuse et dans des conditions hygiéniques strictes, ces réserves d'être maintenus au froid (entre 4 et 8°C).

Si le maintien des yaourts au froid empêche la multiplication bactérienne, il n'arrête pas complètement leur activité métabolique. Bien que lente, la production d'acide lactique se poursuit. De plus, des enzymes hydrolysent les protéines avec, comme conséquences, une diminution de la fermeté et de la viscosité et l'apparition de peptides à goût amer. Pour ces raisons, on procède parfois, quand la réglementation le permet, à un traitement thermique après la fermentation.

### **6.6. Levain spécifique du yaourt**

Les levains est la population des microorganismes que l'on peut rencontrer dans une farine que l'on aura laissé fermenter sans autre adjonction des microorganismes et après l'avoir placée dans des bonnes conditions de développement (apport d'eau et température de 20 à 25°C) (**Bourgeois et Larpent, 1996**).

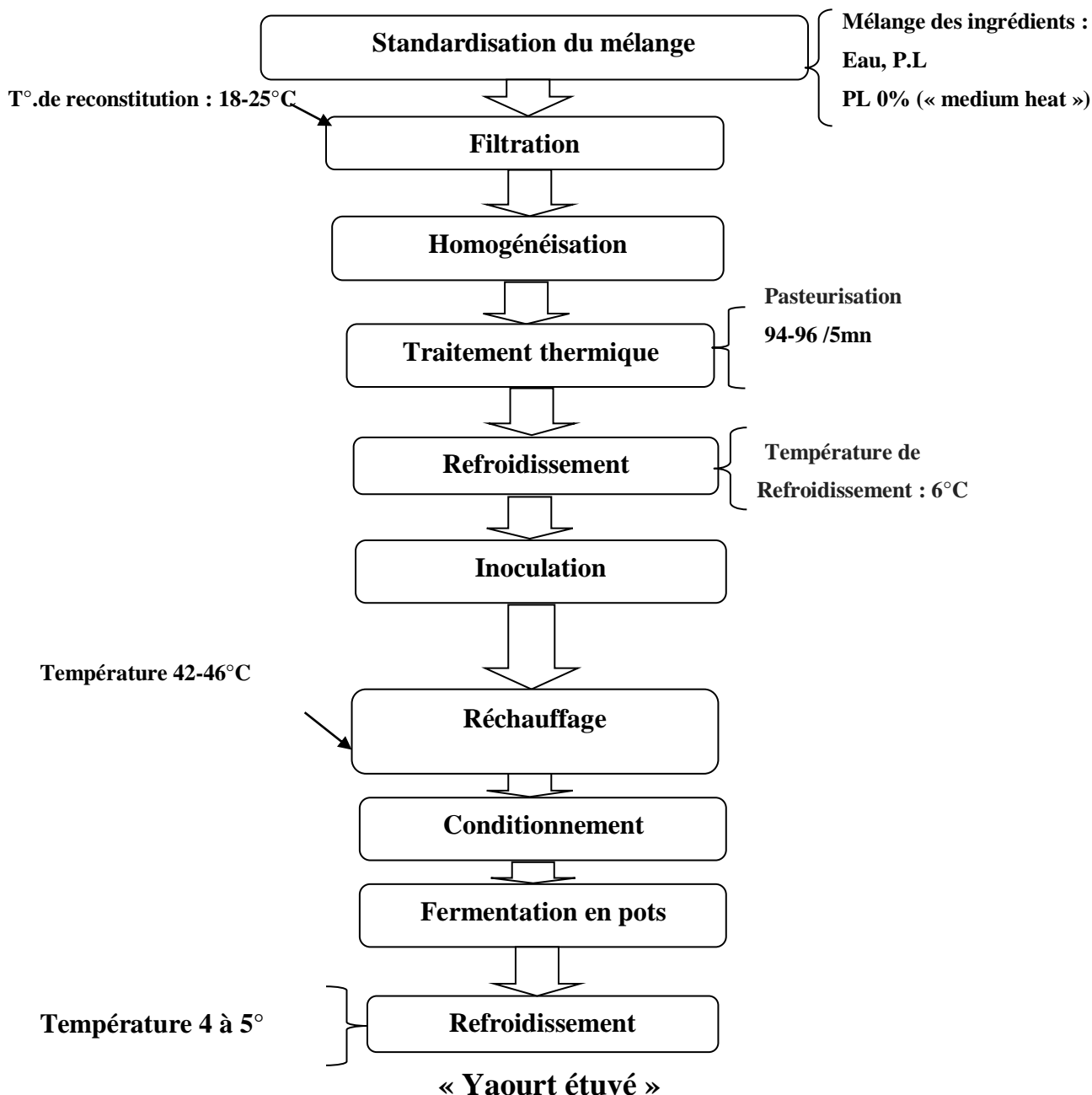
## **7. Accidents de fabrication**

Les accidents de fabrication du yaourt peuvent être regroupés en deux groupes : les défauts d'apparence et de texture et les défauts de goût.

### **7.1. Défauts d'apparence et de texture**

Les défauts d'apparence et de texture sont multiples :

- ❖ Tassement et synérèse : Ce phénomène est généralement dû à une sur-acidification ou post-acidification liée à une cinétique de refroidissement trop lente et/ou à une température de stockage trop élevée lors de la phase de commercialisation. Les contraintes mécaniques (secousses-vibrations) auxquelles sont soumis les produits lors du transport peuvent également contribuer à la désagrégation du gel.
- ❖ Production de gaz : Désigne la présence de coliformes ou de levures.
- ❖ Couche de crème : La crème est produite lorsque l'homogénéisation est insuffisante ou nulle.



PL : poudre de lait ; MG : matière grasse

Figure 04. Diagramme des principales étapes de fabrication du yaourt.

- ❖ Manque de fermeté: Ce défaut peut être dû à une faible teneur en matière sèche, et à de mauvaises conditions d'incubation et d'agitation dans le cas des yaourts brassés.
- ❖ Texture sableuse : Plusieurs facteurs sont impliqués dont la composition (extrait ou rapport [protéines / caséines solubles] trop élevée dans un endroit sec), une mauvaise réhydratation du lait en poudre, le traitement thermique trop intense ou la température et l'homogénéisation trop élevée trop rapide ou une température trop élevée induisant à la déstabilisation des micelles avec peu de déminéralisation.

## **7.2. Défauts de goût**

On trouve notamment les défauts suivants :

- ❖ L'amertume : Elle se développe lorsque l'activité protéolytique des ferments est trop élevée ou lorsqu'il y a contamination par des germes protéolytiques.
- ❖ trop fort ou une acidité insuffisante: l'acidité dépend de la composition (effet tampon), la densité d'ensemencement, l'activité des ferments, la présence éventuelle d'inhibiteurs ou bactériophages, le comportement de la fermentation (température et temps) et les vitesses de refroidissement (post-acidification).
- ❖ Saveur de levure : La contamination par la levure peut conduire à des saveurs fruitées et alcoolisées.
- ❖ Goût rance : Il est dû à une contamination par des germes lipolytiques.
- ❖ Goût de rouille : Peut apparaître en cas de mauvaise protection contre la lumière (bouteille en verre) ou en présence de métaux catalyseurs d'oxydation (fer, cuivre).
- ❖ Goût brumeux : Peut résulter de l'utilisation de fruits de mauvaise qualité (moisissure).
- ❖ Saveur cuite : Cette caractéristique, due à la réaction de Maillard, se développe dans le cas de traitements thermiques intenses.
- ❖ Manque d'arôme : Provient généralement d'un déséquilibre de la flore (trop de streptocoques) résultant de la qualité des levains ou des conditions d'incubation (**Biliaderis et al., 1992 ; Weber, 1994**).

Tableau 02. Principales altérations du yaourt (Luquet, 1985).

Défauts	Types d'altération	Causes
Texture	Manque de fermeté	Ensemencement trop faible, mauvaise incubation, agitation avant complète coagulation et matière sèche trop faible.
	Trop filante	Mauvaise fermentation et/ou température trop faible.
	Granuleuse	Mauvais brassage, teneur en matière sèche trop élevée et/ou mauvais choix des ferments.
Apparence	Synérèse	Mauvaise conduite de la fermentation, température trop élevée pendant le stockage, conservation trop longue, refroidissement trop faible et/ou agitation trop poussée.
	Production du gaz	Contamination par les levures et moisissures.
	Couche de crème	Mauvaise ou absence d'homogénéisation.
Goût	Amertume	Trop longue conservation, activité protéolytique trop forte des ferments, contamination par des germes protéolytiques et ajout successif d'arôme artificiel.
	Rancidité	Contamination par des germes lipolytique et/ou traitement thermique trop faible.
	Oxydé	Mauvaise protection contre la lumière et/ou présence de métaux (Fe, Cu).
	Aigre	Mauvaise conduite des levains.

## 8. Qualité du yaourt au cours de la conservation

Bien que garder le yaourt au froid empêche les bactéries de se multiplier, il n'arrête pas complètement son activité métabolique. Le yogourt montre des changements tout au long de sa durée de conservation, altérant sa qualité (Dave et Shah, 1998).

### 8.1. Qualité physico-chimique

➤ **pH** : Le pH influence le goût et la texture finale du produit et reflète donc la qualité du produit final. Si le pH est très bas, on aura un yaourt très acide avec des problèmes de séparation de l'eau (synérèse), et s'il est élevé, le goût sera affecté par le manque d'acidité (Tamime et Robinson, 1999).

➤ **Synérèse:** La synérèse ou la séparation spontanée du sérum de la surface du yaourt est considérée comme un défaut. Ce problème peut être réduit ou éliminé en augmentant le niveau de solides du lait à 15 % (**Shah, 2003**).

➤ **Viscosité:** La viscosité du yaourt diminue progressivement au cours du stockage. Cette diminution est due à l'augmentation du temps de stockage (**Shakeel Hanif et al., 2012**). Elle évolue en fonction du ferment utilisé grâce à sa protéase, ce qui implique le rôle des micro-organismes dans l'influence de la viscosité du yaourt (**Olivera et al., 1996**).

### **8.2. Qualité organoleptique**

➤ **Fermeté:** Le maintien d'une texture et d'une dureté uniformes pendant la fabrication et pendant la période de stockage est l'objectif principal de la production de yaourt. La fermeté du yaourt ne sera probablement pas affectée pendant le stockage. (**Shakeel Hanif et al., 2012**).

➤ **Arôme :** Le yaourt doit être consommé aux alentours de 10°C, en dessous de cette température, le profil aromatique n'est plus apprécié, Il est rapporté que tous les composants volatils présents dans le yaourt diminuent au cours du stockage à moins de 8°C, au dessus de 10°C le produit perd sa fraîcheur (**Gafaar, 1992**).

➤ **Texture:** Les différences de texture entre les yaourts sont attribuées au type de lait utilisé et à leurs différences de composition (**Shakeel Hanif et al., 2012**). En effet, un taux élevé de matière sèche totale augmente la fermeté du gel et réduit le degré de synérèse (**Mohammed et al., 2004**).

➤ **Goût :** La perte de saveur du yaourt est le résultat du développement de l'acidité, de l'oxydation des graisses ou de la protéolyse des protéines (**Shakeel Hanif et al., 2012**). Les activités protéolytiques des bactéries lactiques peuvent avoir des effets néfastes sur le lait fermenté. La production de peptides amers est largement attribuée à la protéolyse par *Lb. delbrueckii ssp bulgaricus* pendant le stockage (**Gursoy et al., 2010**).

## Chapitre II : Les Graines de fenouille

**1-Description botanique**

Le *Foeniculum vulgare* est une Plante bisannuelle ou vivace pourvue d'une tige dressée, finement striée et portant des feuilles alternes découpées en segments filiformes. Cette tige ramifiée se termine par des ombelles composées, formées de petites fleurs jaunes. Les fruits sont des diakènes rainurés. Toute la plante dégage un parfum aromatique. Originaire de l'est du bassin méditerranéen et du Caucase, le fenouil commun est aujourd'hui cultivé dans de nombreuses plantations, sur de grandes superficies et dans les jardins. Le fruit est une graine sèche de 4-10 mm (Debuigne & Couplan, 2009). Le fruit vert jaunâtre, est parsemé de cinq côtes (Rather *et al.*, 2012).



Figure 5 . Graine de *Foeniculum vulgare* (Malinodo Biog-le N°1 du thé bio malindo.Fr) .

**2. Classification :**

*Foeniculum vulgare* Mill. (Syn. *Anethum foeniculum* L., *Anethum foeniculum* L. et *Foeniculum officinale*) appartient à la famille *Apiaceae* (ou *Ombellifères*), cette dernière est considérée comme étant l'une des familles riches en huiles essentielles (Amimar *et al.*, 2001; Olle et Bender, 2010), le genre *Foeniculum* est très polymorphe et représenté seulement par cette espèce qui se divise en deux sous-espèces *ssp. Piperitum* et *ssp. Vulgare* (Badoc *et al.*, 1995; Vienna *et al.*, 2005;



EFSA, 2009). *Foeniculum vulgare* Mill. Subsp. *Vulgare* est formée de trois variétés : *var. vulgare* (fenouil amer, commun, sauvage ou médicinal), *var. dulce* (fenouil doux) et *var. azoricum* (fenouil bulbeux) (Amimar *et al.*, 2001; Vienna *et al.*, 2005; Kothe, 2008). Le fruit de cette dernière variété mesure plus de 10cm et pèse jusqu'à 400g, formé par les feuilles basales qui ont grandi les uns avec les autres. En revanche, le fenouil doux développe des graines très aromatiques et légèrement sucrées.

Tandis que les deux variétés de fenouil présentées précédemment sont des plantes de jardin appréciées, le fenouil commun pousse également à l'état sauvage ; On n'utilise en général que les graines de cette variété (Kothe, 2008).

*Le Foeniculum vulgare* poivrée peut être classée comme suit :

**Règne :** Plantae

**Ordre :** Apiales

**Famille :** Apiaceae(Umbelliferae)

**Genre :** *Foeniculum*

**Espèces :** *Foeniculum vulgare*

**Autre nom :** *Punica granatum*, Graine de fenouil

**Nom binomial :** *Foeniculum vulgare* Mill (Abou El-Soud *et al.*, 2011).

### 3. Composition chimique :

La composition chimique des graines de *Foeniculum vulgare* est illustrée dans le (Tableau3).

**Tableau 03.** La Composition chimique des graines de *Foeniculum vulgare* (Coşge *et al.*, 2008 ; Barros *et al.* , 2010 ; Nassar *et al.* 2010 ; Matthäuset *al.*,2015).

Composition	Taux (%)
Teneur en humidité	6.3
Matières minérales	8,2-13,4
Protéines	9,5-15,8
Carbohydrates	42,3-52,2
Fibres	18,5-39,8
Sucres solubles	1,09
Huile végétale	10-14,41
Acide pétroselinique	70-80
Stérols	0,66
Stérol principale	Stigmastérols
Tocophérol principale	$\gamma$ -tocotrienol

## 4. Composés bioactifs

### 1. Acides phénoliques

Les acides phénoliques, y compris l'acide hydroxybenzoïque (C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>) et l'acide hydroxycinnamique (les dérivés de C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>), peuvent être présents sous les formes solubles conjuguées avec des sucres ou des acides organiques, aussi bien que lié à des structures plus complexes telles que les tannins ou les lignins hydrolysables (**Jaganath et Crozier, 2010**).

### 2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent une classe de métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal. Ce sont des pigments quasiment universels des végétaux qui sont en partie responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. On les trouve dissous dans la vacuole des cellules à l'état d'hétérosides ou comme constituants des chloroplastes (**Guignard, 1996**). Par définition, les flavonoïdes sont des composés qui ont en commun la structure du diphenylpropane (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>); les trois carbones servant de jonction entre les deux noyaux benzéniques notés A et B formant généralement un hétérocycle oxygéné C (**De Rijke et al., 2006**).

### 3. Stilbène

Les Stilbenes sont un petit groupe de phénylpropanoïdes caractérisés par un squelette 1,2-diphenylethylene (C<sub>6</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>) (**Chong et al., 2009**). La plupart des stilbènes des plantes sont des dérivés de l'unité de base du trans-resveratrol. Les Stilbènes sont des phytoalexines produites par les végétaux dont la voie métabolique est comme réponse aux attaques des organismes pathogènes tels bactéries ou les moisissures (**Rimando et al., 2004**). Selon (**Girre 2006**) le fenouil contient des trimères de stilbènes et leurs hétérosides. Deux trimères de stilbène diglucoside (foeniculosides) et un dérivé de benzoisofuranone ont été isolés du fruit de *F. vulgare* (**Simona De Marino et al., 2007**) ainsi que le Miquélianine (**Parejo et al., 2004b**), le cis-miyabénol, le trans-miyabénol, le trans-resveratrol 3-O-β-Dglucopyranoside, le sinapyl glucoside et le syringin 4-O-β-glucoside (**Simona De Marino et al., 2007**).

### 4. Tanins

Le terme tanin dérive de la capacité de tannage de la peau animale en la transformant en cuir par le dit composé. Les tanins sont un groupe des polyphénols à haut poids moléculaire. Les tanins sont des molécules fortement hydroxylés et peuvent former des complexes insolubles lorsqu'ils sont associés aux glucides, aux protéines et aux enzymes digestives, réduisant ainsi la digestibilité des

aliments. Ils peuvent être liés à la cellulose et aux nombreux éléments minéraux (**Alkurd et al., 2008**). On distingue: les tanins hydrolysables et condensés. **Lazouni et al. (2006)** ont montré que Les extraits aqueux et les extraits éthanolique des graines et des tiges de fenouil contiennent des tanins.

### **5. Coumarines**

Ils sont des dérivés de C6-C3, sont des benzo-pyranes dérivées des acides hydroxycinnamique par la cyclisation et la fermeture de l'anneau entre les groupements hydroxylique et carboxyliques. Ce groupe de composés phénoliques peut être trouvé libre ou sous la forme combinée avec des sucres comme les hétérosides et les glycosides dans beaucoup des familles dicotylédones, y compris les Apiaceae (**Vincenzo, 2013**). Selon **Girre (2006)**, le fenouil contient des hydrox coumarines (osthénol, scoparine et ombélliférone) et des furanocoumarines sous forme de trace (bergaptène, impérorine et psoralène).

### **5. Intérêts santé**

Très riche en potassium et calcium, le fenouil combat la fatigue et prévient l'ostéoporose .Bien pourvu en vitamines E, A et B9, il est une excellente source de fibres douces (et digestes et minéraux (potassium, calcium).Ce véritable légume santé combine toutes les vertus : antioxydant, stimulant, digestif, reminéralisant, légèrement laxatif, antispasmodique .....IL soulage aussi la toux et l'asthme. C'est également un allié minceur, ce bulbe était déjà très apprécié des Grecs et des Romains pour ses qualités de coupe-faim. Il aide également la digestion et le transit et permet de lutter contre les digestions difficiles, les douleurs abdominales et les nausées. Sans oublier, son pouvoir diurétique et drainant. De quoi contribuer a l'élimination de la rétention d'eau et des graisses indésirables. Il est dépuratif, c'est-à-dire qu'il facilite l'élimination urinaire et intestinale des déchets de l'organisme. Le fenouil est reconnu comme un allié pour traiter les troubles digestifs et l'inflammation des voies respiratoires. Traditionnellement, on lui confère un rôle dans le traitement des flatulences, des douleurs menstruelles ou encore pour stimuler la lactation. En fonction du mal à soulager, la dose recommandée de fenouil varie. Pour cette raison, votre médecin pourra vous aiguiller sur la posologie la plus adaptée à vos besoins. Si vous n'êtes pas spécifiquement suivi par un professionnel de santé, il est recommandé de ne pas consommer plus de 7 g de fenouil par jour sur une période de plus de deux semaines (**Kothe, 2008**).

### 1. Objectifs :

D'une façon générale, les objectifs escomptés à travers cette étude expérimentale s'articulent autour de 2 points essentiels :

1. Procéder à une extraction des principaux composés bioactifs de la plante objet de l'étude à savoir les graine de *Foeniculum vulgare* hydroéthanolique.
2. Des essais d'incorporation d'extrait riche en composés phénoliques des graine de fenouil à différentes doses dans la fabrication d'un yaourt ont été ensuite entrepris et ce en vue de suivre leurs effets sur la stabilité et la qualité des produits transformés (laits fermentés) durant 21 jours de stockage au froid à 4 °C.

### 2. Région de prélèvement et traitements préliminaires du matériel végétal

Le matériel végétal objet de l'étude (Les graines de *Foeniculum vulgare*) à été prélevé dans la région de Mostaganem.

La matière végétale est ensuite étalée sur du papier journal, puis séché à l'air ambiant. Les échantillons séchés ont été enfin broyés dans un broyeur à lame de cuisine puis mis dans des bocaux hermétiques et conservés à sec (température ambiante) et à l'abri de l'humidité ainsi que de la lumière.

### 3. Extraction des composés bioactifs par usage du méthanol :

Pour l'extraction des principaux composés bioactifs tels les poly phénols contenus dans (les graines de *Foeniculum vulgare*) on a opté pour l'utilisation d'une méthode décrite par (**Sultana et al., 2009**). Cette méthode d'extraction n'est qu'un procédé d'extraction discontinu solide-liquide par macération et qui consiste à laisser tremper le solide dans un solvant à température ambiante durant quelques temps et à extraire les constituants solubles par évaporation du solvant sous vide.

L'extraction des composés bioactifs de la plante a été réalisée par usage de l'éthanol aqueux comme solvant d'extraction. Elle a été effectuée sur une prise d'échantillons de 30 g de matière végétale qui à été mélangé avec (3 x 100 ml) de solvant aqueux (80/20, solvant / eau, v / v). L'extraction par macération à froid du mélange a été laissée ensuite se poursuivre pendant 6 heures à température ambiante sous agitation. La durée de l'extraction favorisera ainsi la dépolymérisation des principaux composés constitutifs de la plante tels que la lignine ainsi que les substances pectiques et permet une meilleure solubilisation des principaux composés bioactifs.

## Partie 2 : Méthodologique

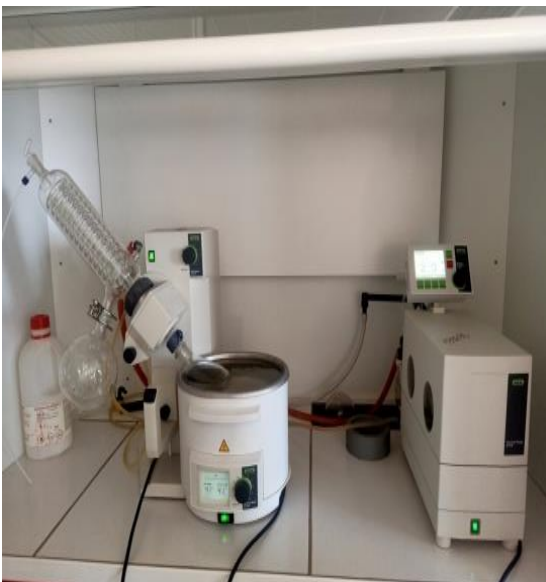
L'extrait hydroéthanolique obtenu a été filtré en utilisant un papier filtre Whatman N°3 ayant une porosité de 0,3 $\mu$ m et débarrassé du solvant par évaporation sous vide à 45°C. (Figures 5et8)



a. Extraction par macération.



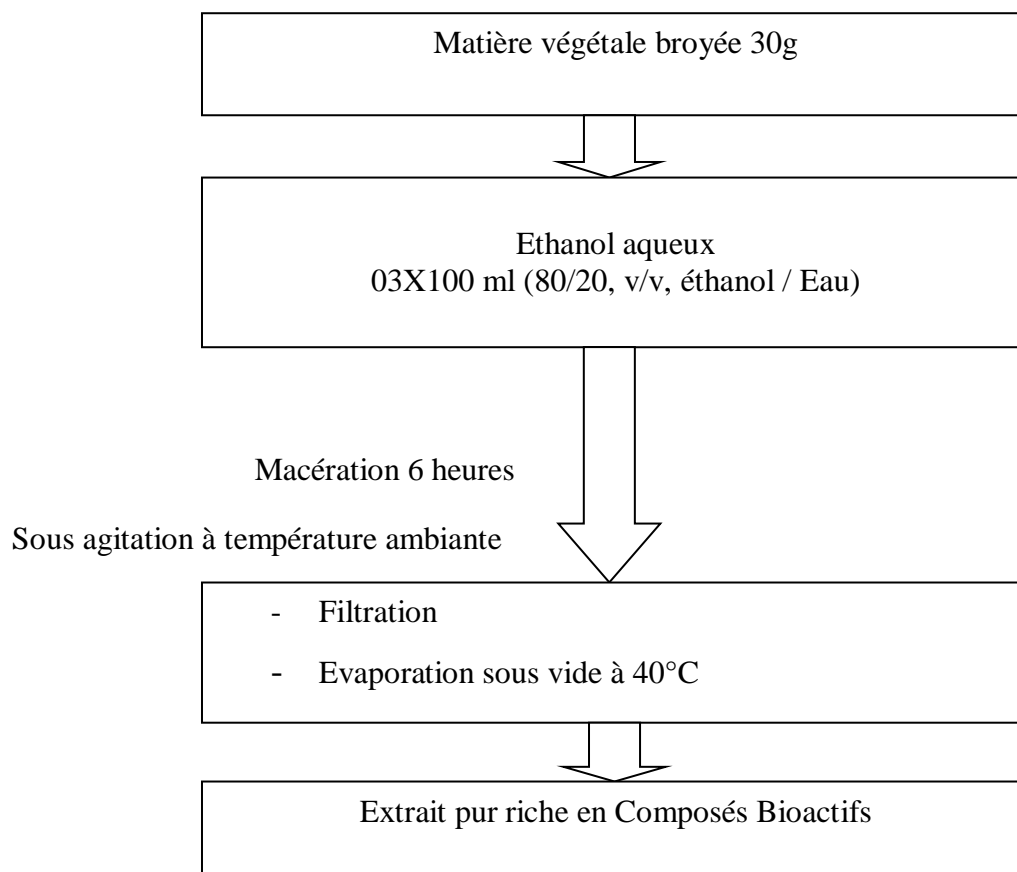
b. Filtration de l'extrait.



d. Évaporation du solvant (eau) sous vide par Rota vapor.



**Figure 6** : Méthode d'extraction des composés phénoliques de *Foeniculum vulgare*.



**Figure 7.** Etapes d'extraction des composés phénoliques de la graine de *Foeniculum vulgare* (Sultana et al., 2009).

#### **4-Essai de fabrication d'un lait fermenté étuvé enrichi d'extraits des graines de *Foeniculum vulgare*:**

Le lait cru destiné à la fabrication des laits fermentés expérimentaux type yaourt est un lait pasteurisé fabriqué par l'unité GIPLAIT de Mostaganem.

L'extrait pur à l'éthanol aqueux de la graine de *Foeniculum vulgare* récolté dans la région de Mostaganem -Algérie a été incorporé au cours du procès de fabrication d'un lait fermenté type yaourt étuvé (directement dans le lait cru pasteurisé refroidi et maintenu chauffé à 45 °C) à des taux variables de 0, 2, et 4%, respectivement.

Les échantillons de lait enrichis d'extrait de la graine de *Foeniculum vulgare* a été par la suiteensemencés avec les souches spécifiques du yaourt à un taux de levains de 3% et à un rapport de souches *Streptococcus thermophilus* (St) sur *Lactobacillus bulgaricus* (Lb) de 2St/1Lb (V/V). Aucun additif pouvant masquer les caractéristiques organoleptiques et rhéologiques n'a été ajouté aux produits transformés ni saccharose, ni arôme et ni autre additif quelconque.

Chaque concentration d'extrait étudié a été représenté par un nombre de répétitions de trois pots d'une capacité de 100ml de produit finis; soit un nombre total de 09 échantillons expérimentaux.

### 5. Préparation du levain :

750ml de lait servant à la préparation du ferment a été préparé à un taux de 130g/l de poudre de lait « Candia », puis celui ci a subi une pasteurisation à l'ébullition durant 2 minutes. Une fois refroidie à 45°C le lait a étéensemencé avec 0,5 g d'une prise de souches lactiques lyophilisées pures de *Streptococcus thermophilus* et 0,25 g d'une souche pure de *Lactobacillus bulgaricus*. Le laitensemencé aux deux ferments spécifiques du yaourt a été enfin étuvé à 45°C pendant 1 heure.

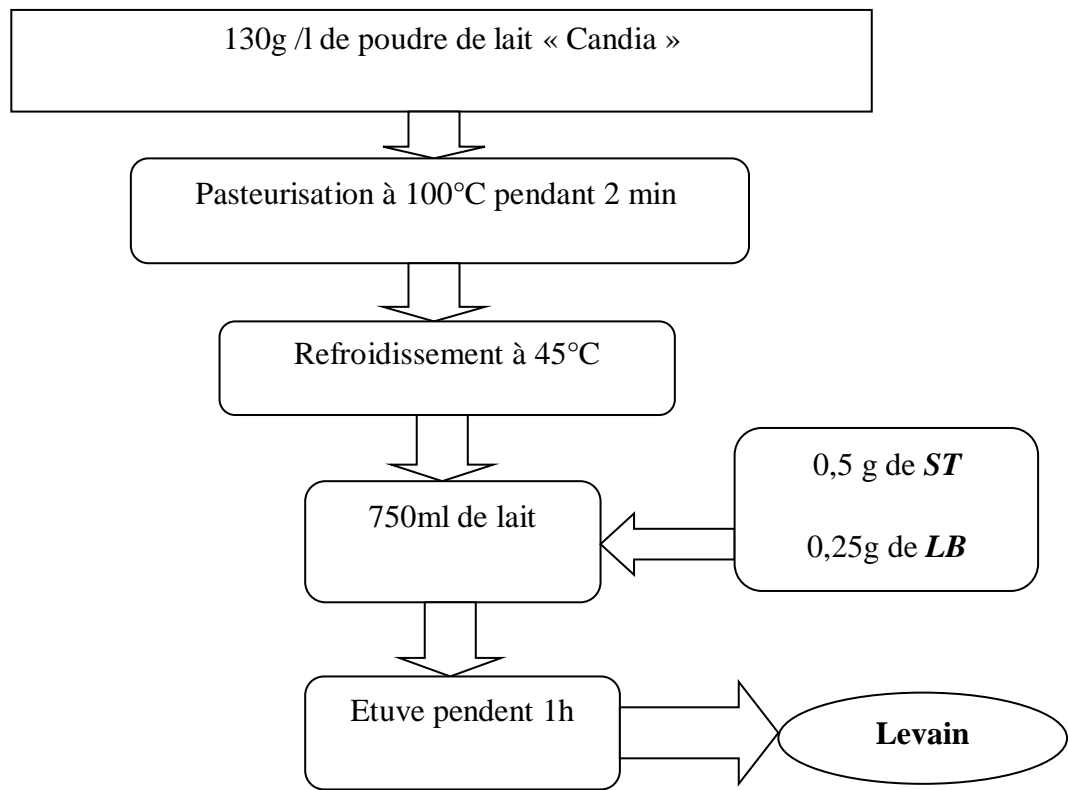
Le levain prêt a l'emploi avec un rapport de souches de 2 *Streptococcus thermophilus* pour 1 *Lactobacillus bulgaricus* (2S/1L, v/v) a étéensemencé dans les laits destinés à la fabrication des yaourts expérimentaux a un taux de 3%.



**Figure 8.** Ferments lactique *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*.



**Figure 9 :** levain lactique.



**Figure 10.** Diagramme de fabrication d'un levain lactique.

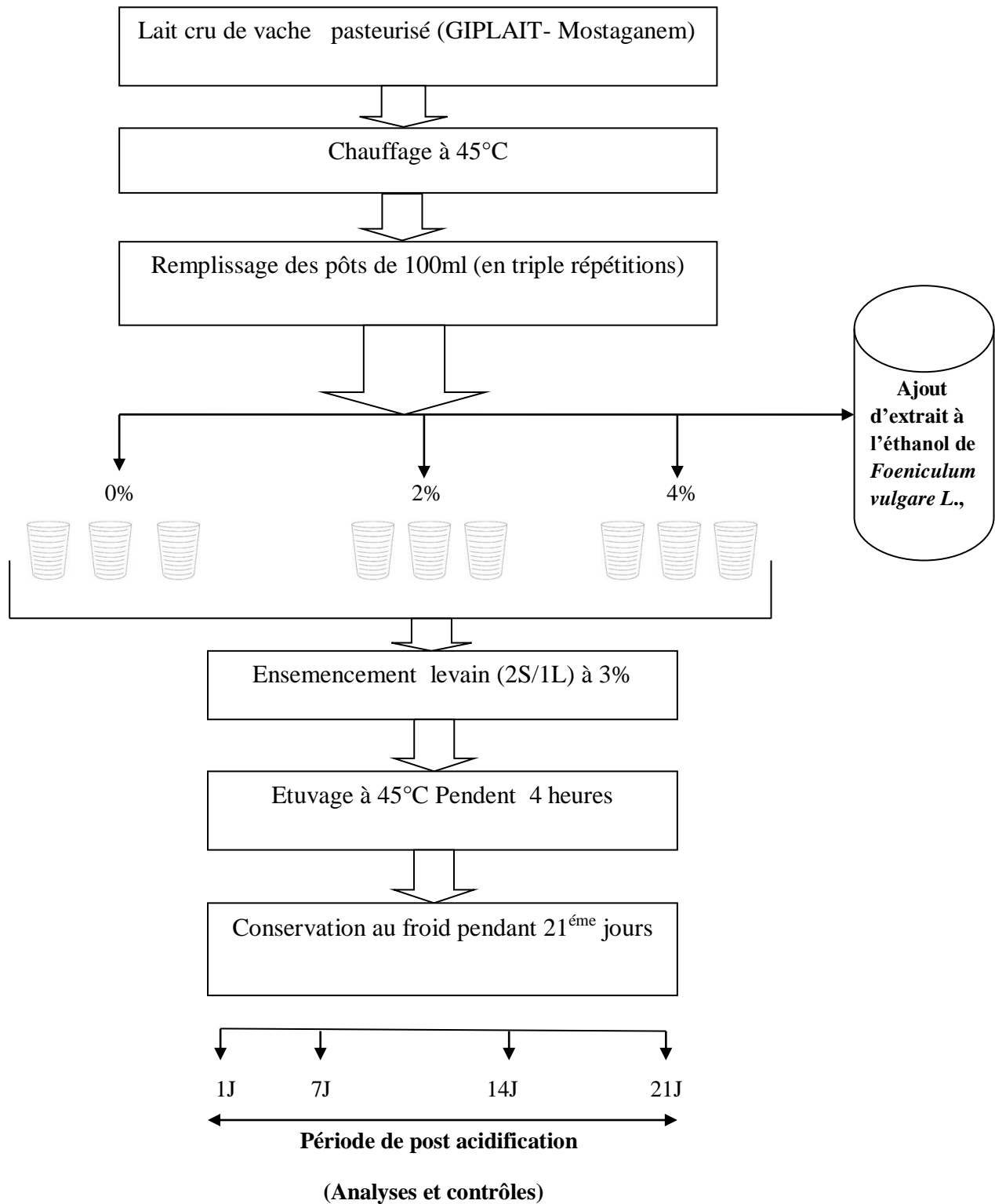
### 6. Technologie de fabrication des laits fermentés expérimentaux :

Le lait utilisé dans l'étude est un lait cru de vache pasteurisé conservé au froid à 4 °C. Il a été fourni par l'unité étatique de fabrication de lait et dérivés « GIPLAIT » relevant de la Wilaya de Mostaganem.

Après un léger chauffage à 45°C, à des prises (de 03 X 100ml) d'échantillons de lait maintenus à cette température a été additionné l'extrait à l'éthanol aqueux des graine de *Foeniculum vulgare* récolté dans la région de l'étude à raison de 0, 2 et 4%, respectivement. Les échantillons ont été enfinensemencés à 3% avec un levain lactique renfermant un rapport de souches *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* de 2S/1L. Les pots des différentes préparations ont été par la suite sertis par du papier aluminium et orientés à la fermentation pendant 4 heures dans une étuve réglée à 45°C.



Au terme de la fermentation les produits expérimentaux une fois caillés ont été conservés au froid positif de 4°C dans un réfrigérateur pendant une période de conservation de 21<sup>ème</sup> jours (Figure 10).



**Figure 11.** Procédé de fabrication des laits fermentés expérimentaux.

### 7. Mesures et contrôles sur les laits fermentés:

Les analyses expérimentales ont été réalisées durant la Période de post acidification au 1<sup>er</sup>, 07<sup>ème</sup>, 14<sup>ème</sup> et 21<sup>ème</sup> jour de stockage des produits expérimentaux au froid positif de 4°C.

#### 7.1 Paramètres physicochimiques :

##### 7.1.1 Acidité :

L'acidité a été déterminée d'une façon précise par titration de 10ml d'une prise de yaourt à l'aide d'une soude caustique NaOH préparée à 1/9 N en présence de 4 à 5 gouttes de phénophtaléine.



a. Phénophtaléine.

b. Solution de NaOH a 1/9N.

c. Lait fermenté.



d. Titration.

##### 7.1.2 PH :

Le dosage du pH a été réalisé par un pH-mètre étalonné par deux solutions : l'une acide et l'autre basique.

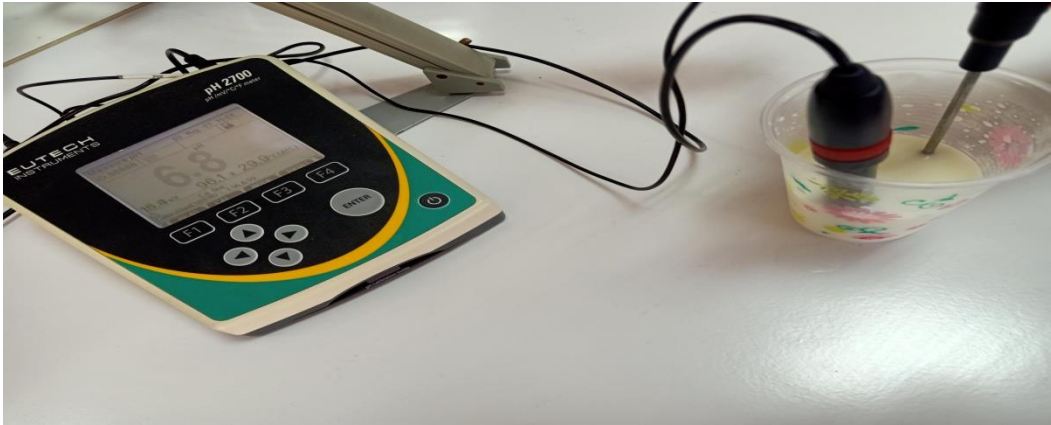


Figure12. pH- mètre.

### 7.1.3 Viscosité :

La viscosité a été établie par l'utilisation d'un tube capillaire avec une vitesse débitante assez petite pour que la loi de Poiseuille puisse s'appliquer. Le débit volumique  $Q$  :

$$Q = (R^4/8\eta) / (\Delta\rho/L)$$

Un tube capillaire est un tube de très petite section de sorte que les effets de la viscosité sur le profil des vitesses de l'écoulement est important.

$(\Delta\rho/L)$  est la chute de pression par unité de longueur, qui est due à la viscosité. Elle est uniforme tout le long du tube.

Lorsque le liquide est immobile, la différence en pression entre le haut et le bas de la colonne de liquide est pratiquement nulle, car la pression atmosphérique est pratiquement uniforme autour du dispositif.

Mais si le liquide s'écoule en régime stationnaire, la perte de charge horizontale vaut  $(\Delta\rho/L) = \rho_{liq} g$  où  $\rho_{liq}$  est la masse volumique du liquide. Le débit volumique devient :

$$Q = (R^4/8\eta) / \rho_{liq} g$$

La durée nécessaire pour l'écoulement d'un volume  $V$  donné de liquide avec un débit  $Q$  vérifie la relation :

$$Q = v/\tau = \text{quantité de liquide écoulé} / \text{durée de l'écoulement}$$

On obtient la relation donnant la viscosité du liquide :

$$\eta = (R^4/8 v_{liq}) / \rho_{liq} \tau$$

On peut déduire la viscosité cinématique :

$$v = (\eta / \rho_{\text{liq}}) = \kappa \cdot \tau$$



Figure13. Dispositif de mesure de la viscosité du yaourt.

### 7.2 Analyses microbiologiques :

Une prise d'essai de 5g du lait fermenté à analyser a été additionnée à 45ml d'eau physiologique. Cette solution a constitué la première dilution ( $10^{-1}$ ). Des dilutions décimales, allant jusqu'à ( $10^{-4}$ ), ont été ensuite effectuées à l'eau physiologique.

#### 7.2.1 *Streptococcus thermophilus* :

Le dénombrement des germes a été réalisé par culture d'une prise d'essai à partir de la dilution ( $10^{-4}$ ) sur un milieu de culture sélectif « M17 ». 0,1ml (2gouttes) de la prise de la dilution a étéensemencée ensuite, en surface sur milieu M17 et incubé à 42°C pendant 24 heures.

#### 7.2.2 *Lactobacillus bulgaricus* :

Le dénombrement des germes a été effectué par culture d'une prise d'essai à partir de dilution ( $10^{-4}$ ) ensemencement en profondeur sur un milieu de culture sélectif « MRS » incubé à 42°C pendant 24 heures.



**Figure14.** Matériels et méthodes utilisés pour le dénombrement des germes *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*.

### 7.3 Test organoleptique :

Chaque 7 jours durant toute la période de poste acidification, la qualité des laits fermentés expérimentaux a été évaluée par un jury composé de 10 panelistes, qui ont apprécié selon une échelle de notation variable de 1 à 10 les produits selon les critères suivants :

-**Gout acide** : Consiste à apprécier l'ampleur de l'acidité développée par les germes lactiques ensemencées dans les laits fermentés type yaourt au cours de l'entreposage.

- **Gout de fraîcheur** : Consiste à apprécier l'ampleur de la sensation de fraîcheur lors de la mise en bouche du produit.

- **Cohésivité** : Consiste à déterminer la capacité maximale de déformation de l'échantillon avant de se rompre lorsqu'il est écrasé entre les doigts.

-**Adhésivité** : Exprime l'intensité des forces inter faciales développées entre la surface d'une cuillère et celle de l'échantillon lors d'une prise de produit.

- **Couleur** : Consiste à apprécier l'ampleur de la couleur blanchâtre visuelle du produit .

-**Arrière gout** : Exprime l'ampleur d'amertume resenti lors de la mise en bouche du les produit.

### **8. Traitement statistique :**

Les résultats paramétriques ont été traités statistiquement par une analyse de variance mono factorielle en randomisation totale, suivie d'une comparaison des moyennes deux à deux selon le test de NEWMAN et KEULS. Par contre, les données relatives aux tests organoleptiques ont été analysées statistiquement par le test non paramétrique de Friedman.

Le logiciel de traitement des données utilisées dans cette étude et le STAT BOX 6.4. La signification du facteur étudié est démontrée aux deux seuils de probabilités  $p < 0,05$  et  $p < 0,01$ .

## 1. Résultats :

### 1.1. Analyses physicochimiques :

#### 1.1.1 Acidité :

Au premier jour de post acidification, juste après 4 heures de fermentation, l'acidité des yaourts semble augmenter significativement de 66 à 78,33 et à 89°D en fonction de l'accroissement du taux d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* (fenouil) incorporés respectivement de 0 à 2 et à 4%.

Cependant, au 7<sup>ème</sup>, 14<sup>ème</sup>, 21<sup>ème</sup> jours de conservation les produits ont enregistré des variations similaires ( $p > 0,05$ ) ; 77,33 à 85°D, 77 à 85°D et de 81,68 à 102,33°D, en moyenne, successivement (**Tableau 04**).

**Tableau 04.** Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* sur les variations de l'acidité titrable (°D) des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21<sup>ème</sup> jours.

Facteur étudié Périodes (jours)	Taux d'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> incorporés			Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> L.,
	0%	2%	4%	
01 <sup>er</sup> J	66 <sup>c</sup> ± 04	78, 33 <sup>b</sup> ± 04,73	89 <sup>a</sup> ± 02	P<0,01
07 <sup>ème</sup> J	78 ± 15,1	85 ± 11, 36	77,33 ± 02,08	P>0,05
14 <sup>ème</sup> J	85 ± 04	77 ± 09,54	83,33 ± 08,96	P>0,05
21 <sup>ème</sup> J	102,33 <sup>a</sup> ± 02,52	94,33 <sup>ab</sup> ± 12,01	81,68 <sup>b</sup> ± 05,69	P<0,05

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes et écarts types correspondants, avec un nombre de répétitions n=03 ; J : jours ; P>0.05 : effet non significatif du facteur étudié (taux d'incorporation d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* dans le yaourt) ; p<0.05 : effet significatif du facteur étudié ; p<0.01 effet hautement significatif du facteur étudié ; a, b, c...etc. : groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

## 1.1.2 PH :

Les taux ajoutés en extrait éthanolique aqueux riche en composés phénolique de *Foeniculum vulgare* n'ont pas induit de grandes variation de PH des laits fermentés type yaourt au cours de 21<sup>ème</sup> jours de la période de post acidification de stockage au froid positif à 4°C ; les valeurs d'acidité ont varié ( $p>0.05$ ) seulement de 4,03 à 4,99, en moyenne (**Tableau 05**).

**Tableau 05.** Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* sur les variations du PH des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21<sup>ème</sup> jours.

Facteur étudié  Périodes (jours)	Taux d'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> incorporés			Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare L.</i> ,
	0%	2%	4%	
01 <sup>er</sup> J	04,03 ± 00,02	04,34 ± 00,57	04,95 ± 00,01	P>0,05
07 <sup>ème</sup> J	04,20 ± 00,26	04,05 ± 00,04	04,08 ± 00,02	P>0,05
14 <sup>ème</sup> J	04,18 ± 00,28	04,02 ± 00,03	04,04 ± 00,03	P>0,05
21 <sup>ème</sup> J	04,13 ± 00,64	04,40 ± 00,00	04,40 ± 00,00	P>0,05

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes suivies des écarts types correspondants ; avec un nombre de répétitions n=03 ; J : jours ; P>0.05 : effet non significatif du facteur étudié (taux d'incorporation d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* dans le yaourt) ; a, b, c...etc. : groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

## 1.1.3 Viscosité :

La viscosité des produits est restée stable ( $P>0.05$ ) durant la période de conservation et elle a varié de 13,92 à 45,78 au 1<sup>er</sup>jour, de 13,70 à 45,97 au 7<sup>ème</sup>jours, de 15,12 à 25,22 au 14<sup>ème</sup> jours et de 27,46 à 33,16 au 21<sup>ème</sup> jours de post acidification (**Tableau06**).



**Tableau 06.** Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* sur les variations de la viscosité des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21<sup>ème</sup> jours.

Facteur étudié Périodes (jours)	Taux d'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> incorporés			Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> L.,
	0%	2%	4%	
01 <sup>er</sup> J	45,78 ± 24,38	15,59 ± 01,56	13,92 ± 00,62	P>0,05
07 <sup>ème</sup> J	45,97 ± 18,69	30,43 ± 9,27	13,70 ± 04,44	P≥0,05
14 <sup>ème</sup> J	25,22 ± 12,91	15,12 ± 05,63	21,99 ± 09,82	P>0,05
21 <sup>ème</sup> J	32,07 ± 03,18	33,16 ± 00,96	27,46 ± 02,21	P<0,05

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes suivies des écarts types correspondants ; avec un nombre de répétitions n=03 ; J : jours ; P≥0.05 : effet non significatif du facteur étudié (taux d'incorporation d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* dans le yaourt) ; a, b, c...etc. : groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

## 1.2 Analyse microbiologique

### 1.2.1 *Streptococcus thermophiles*

La fortification des laits fermentés type yaourt étuvé avec l'extrait de fenouil à 0, 2 et 4% n'a pas engendré de variations significatives (P>0,05) dans la prolifération du germe spécifique *Streptococcus thermophilus* dont le nombre est resté presque comparable dans les produits durant l'expérimentation ; 39 10<sup>4</sup> à 36 10<sup>5</sup> UFC / ml, en moyenne (**Tableau 07**).

**Tableau 07.** Effet d'incorporation à différentes concentrations d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* sur les variations du nombre de *Streptococcus thermophiles* (UFC/ml) des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21<sup>ème</sup> jours.

Facteur étudié Périodes (jours)	Taux d'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> incorporés			Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> L.,
	0%	2%	4%	
01 <sup>er</sup> J	151.10 <sup>4</sup>	204.10 <sup>4</sup>	169.10 <sup>4</sup>	P>0,05
07 <sup>ème</sup> J	36.10 <sup>5</sup>	58.10 <sup>5</sup>	68.10 <sup>4</sup>	P>0,05
14 <sup>ème</sup> J	82.10 <sup>5a</sup>	39.10 <sup>4b</sup>	50.10 <sup>5b</sup>	P<0,05
21 <sup>ème</sup> J	50.10 <sup>5</sup>	52.10 <sup>5</sup>	65.10 <sup>5</sup>	P>0,05

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes suivies des écarts types correspondants ; avec un nombre de répétitions n=03 ; J : jours ; P>0.05 : effet non significatif du facteur étudié (taux d'incorporation d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* dans le yaourt) ; a, b, c...etc. : groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls

### 1.2.2. *Lactobacilles bulgaricus*

Au 01<sup>er</sup> , comme au 07<sup>ème</sup> , 14<sup>ème</sup> et 21<sup>ème</sup> jours de stockage, les yaourts n'ont pas connu de grandes fluctuations dans le nombre de *Lactubacillus bulgaricus* en fonction des taux d'extrait des grains de fenouil incorporés ; soit des variations de 13.10<sup>4</sup> à 177.10<sup>4</sup> UFC/ml ; de 18.10<sup>4</sup> à 157.10<sup>4</sup> UFC/ml ; de 18.10<sup>4</sup> à 30.10<sup>5</sup> UFC/ml et de 170.10<sup>3</sup> à 182.10<sup>4</sup> UFC/ml, successivement (**Tableau 08**).

**Tableau 08.** Effet d'incorporation à différentes concentrations de l'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* sur les variations du nombre (UFC/ml) de *Lactobacilles bulgaricus* des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21<sup>ème</sup> jours.

Facteur étudié Périodes (jours)	Taux d'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> incorporés			Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> L.,
	0%	2%	4%	
01 <sup>er</sup> J	177.10 <sup>4</sup>	13.10 <sup>4</sup>	167.10 <sup>4</sup>	P>0,05
07 <sup>ème</sup> J	157.10 <sup>4</sup>	21.10 <sup>4</sup>	18.10 <sup>4</sup>	P>0,05
14 <sup>ème</sup> J	183.10 <sup>4</sup>	30.10 <sup>5</sup>	173.10 <sup>4</sup>	P>0,05
21 <sup>ème</sup> J	170.10 <sup>3</sup>	182.10 <sup>4</sup>	110.10 <sup>4</sup>	P>0,05

Les résultats sont exprimés en valeurs moyennes suivies des écarts types correspondants ; avec un nombre de répétitions n=03 ; J : jours ; P>0.05 : effet non significatif du facteur étudié (taux d'incorporation d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* dans le yaourt) ; a, b, c...etc. : groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

### 1.3 Tests organoleptiques :

#### 1.3.1 Goût acide :

Durant les 21<sup>ème</sup> jours de conservation, les laits fermentés additionnés d'extrait phénolique de *Foeniculum vulgare* ont présenté gustativement une même acidité chez les panelistes que l'échantillon témoin ; 15 à 23 somme des rangs.

Au 1<sup>er</sup> et 7<sup>ème</sup> jours d'entreposage, les échantillons préparés à 2 et 4% d'extrait ont accusé de meilleurs scores que le témoin ; 19 à 19,5 sommes des rangs contre 21,5 à 25,5 sommes des rangs.

Cependant, au 14<sup>ème</sup> et 21<sup>ème</sup> jours de stockage, le témoin s'est démarqué avec un critère de goût acide bien plus intéressant que les essais expérimentaux (p>0,05) ; 15 à 19 sommes des rangs, contre 20 à 23,5 sommes des rangs (**Tableau 9**).

**Tableau 9.** Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* sur les variations du goût acide des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21<sup>ème</sup> jours.

Facteur étudié  Périodes (jours)	Taux d'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> incorporés			Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> L.,
	0%	2%	4%	
01 <sup>er</sup> J	25,5	19	19,5	P>0,05
07 <sup>ème</sup> J	21,5	19	19,5	P>0,05
14 <sup>ème</sup> J	19	20	21	P>0,05
21 <sup>ème</sup> J	15,5	21	23,5	P>0,05

Les résultats sont exprimés en somme des rangs, avec un nombre de paneliste n=10 ; J : jours ; P>0.05 : effet non significatif du facteur étudié (taux d'incorporation d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* dans le yaourt) ; a, b, c...etc.: groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

### 1.3.2 Goût de fraîcheur :

Au 1<sup>er</sup> comme au 14<sup>ème</sup> et 21<sup>ème</sup> jours de la période de post acidification, l'ensemble des laits fermentés testés ont été appréciés d'une manière similaire au plan de goût de fraîcheur ou aucune différence significative (p>0,05) n'a été décelée par les dégustateurs dans les produits.

Sauf, qu'au 7<sup>ème</sup> jours, il apparait que l'ajout d'extrait de la plante à fortes doses de 4% améliore significativement (p<0,05) le goût de fraîcheur par comparaison au témoin ; 13,5 VS 18 sommes des rangs (**Tableau10**).

**Tableau 10.** Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* sur les variations du goût de fraîcheur des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21<sup>ème</sup> jours.

Facteur étudié  Périodes (jours)	Taux d'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> incorporés			Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> L.,
	0%	2%	4%	
01 <sup>er</sup> J	23,5	20,5	16	P>0,05
07 <sup>ème</sup> J	18 <sup>b</sup>	24,5 <sup>a</sup>	13,5 <sup>b</sup>	P<0,01
14 <sup>ème</sup> J	19,5	23,5	17	P>0,05
21 <sup>ème</sup> J	24,5	18	17,5	P>0,05

Les résultats sont exprimés en somme des rangs ; avec un nombre de panelistes n=10; J : jours ; p>0,05:effet non significatif du facteur étudié (taux d'incorporation d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* dans le yaourt); p<0,01: effet hautement significatif du facteur étudié ; a, b, c,...etc. : groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

### 1.3.3 Cohésivité

Selon les taux d'extrait de *Foeniculum vulgare* incorporés les yaourts expérimentaux n'ont pas enregistré de grandes variations de la cohésivité qui est restée pratiquement stable (P>0,05) ; 17 à 23,5 somme des rangs (**Tableau 11**).

**Tableau 11.** Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* sur les variations de la cohésivité des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21<sup>ème</sup> jours .

Facteur étudié  Périodes (jours)	Taux d'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> incorporés			Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> L.,
	0%	2%	4%	
01 <sup>er</sup> J	18,5	17	23,5	P>0,05
07 <sup>ème</sup> J	21,5	20	18,5	P>0,05
14 <sup>ème</sup> J	23,5	20	19,5	P>0,05
21 <sup>ème</sup> J	23,5	19	21,5	P>0,05

Les résultats sont exprimés en somme des rangs ; avec un nombre de panelistes n=10; p>0,05:effet non significatif du facteur étudié (taux d'incorporation d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* dans le yaourt); a, b, c,...etc. groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

#### 1.3.4 Adhésivité :

Durant l'expérimentation, au 1<sup>er</sup>, 7<sup>ème</sup>, 14<sup>ème</sup> et 21<sup>ème</sup> jours de stockage au froid à 4°C, les panelistes n'ont pas observé des variations significatives de l'adhésivité des essais (p>0,05) ; 17 à 23,5 ; 18 à 21,5 ; 18 à 21,5 ; 19 à 20,5 ; 19 à 23,5 somme des rangs, respectivement (**Tableau 12**).

**Tableau 12.** Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* sur les variations de l'adhésivité des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21<sup>ème</sup> jours .

Facteur étudié  Périodes (jours)	Taux d'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> incorporés			Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> L.,
	0%	2%	4%	
01 <sup>er</sup> J	19,5	17	23,5	P>0,05
07 <sup>ème</sup> J	21,5	20	18,5	P>0,05
14 <sup>ème</sup> J	20,5	20	19,5	P>0,05
21 <sup>ème</sup> J	23,5	19	21,5	P>0,05

Les résultats sont exprimés en somme des rangs ; avec un nombre de panelistes n=10; J : jours ; p>0,05 effet non significatif du facteur étudié (taux d'incorporation d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* dans le yaourt) ; a, b, c,...etc. : groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux, selon le test de Newman et Keuls.

### 1.3.5 Couleur :

Aucun changement de la couleur des yaourts expérimentaux n'a été remarqué périodiquement par les dégustateurs, durant la phase de post acidification de stockage au froid à 4°C (P>0,05) ; 17 à 22,5 somme des rangs (**Tableau 13**).

**Tableau 13.** Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* sur les variations de la couleur des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21<sup>ème</sup> jours.

Facteur étudié  Périodes (jours)	Taux d'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> incorporés			Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> L.,
	0%	2%	4%	
01 <sup>er</sup> J	17	22	22	P>0,05
07 <sup>ème</sup> J	20	20	20	P>0,05
14 <sup>ème</sup> J	21	19	20	P>0,05
21 <sup>ème</sup> J	20,5	17	22,5	P>0,05

Les résultats sont exprimés en somme des rangs ; avec un nombre de paneliste n=10 ; J : jours ; P>0.05 : effet non significatif du facteur étudié (taux d'incorporation d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* dans le yaourt) ; a, b, c...etc. : groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

### 1.3.6 Odeur :

Les panelistes impliqués dans l'étude n'ont constaté aucune différence d'odeur des produits expérimentaux durant toute la période expérimentale; 19 vs 23,5 sommes des rangs(**Tableau14**).



**Tableau14.** Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* sur les variations de l'odeur des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21<sup>ème</sup> jours.

Facteur étudié  Périodes (jours)	Taux d'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> incorporés			Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> L.,
	0%	2%	4%	
01 <sup>er</sup> J	21	20	19	P> 0,05
07 <sup>ème</sup> J	23,5	20,5	16	P> 0,05
14 <sup>ème</sup> J	20,2	19	19	p> 0,05
21 <sup>ème</sup> J	20,5	20,5	19	P> 0,05

Les résultats sont exprimés en somme des rangs ; avec un nombre de panelistes n=10; J : jours ; p>0,05:effet non significatif du facteur étudié (taux d'incorporation d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* dans le yaourt) ; a, b, c,...etc. : groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

### 1.3.7 Arrière goût :

Pratiquement, les panelistes n'ont enregistré aucune différence significative dans le critère arrière goût entre les produits expérimentaux durant 21<sup>ème</sup> jours de conservation au froid (p>0,05) ; avec des sommes des rangs qui ont varié légèrement de 17 à 23,5, en moyenne (Tableau 15)

**Tableau 15.** Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* sur les variations de l'arrière goût des laits fermentés type yaourt étuvé au cours de la conservation au froid à 4°C pendant 21<sup>ème</sup> jours .

Facteur étudié  Périodes (jours)	Taux d'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> incorporés			Effet d'incorporation de l'extrait hydroéthanolique de <i>Foeniculum vulgare</i> L.,
	0%	2%	4%	
01 <sup>er</sup> J	20,5	21,5	18	P>0,05
07 <sup>ème</sup> J	21	20	19	P>0,05
14 <sup>ème</sup> J	23	17,5	19,5	P>0,05
21 <sup>ème</sup> J	19,5	17	23,5	P>0,05

Les résultats sont exprimés en somme des rangs ; avec un nombre de panélistes n= 10 ; J : jours ; p>0,05:effet non significatif du facteur étudié (taux d'incorporation d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* dans le yaourt) ; a, b, c,...etc. Groupes homogènes de comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Keuls.

## 2. Discussion :

D'après cette présente étude , il apparait possible d'ajouter l'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* dans le yaourt jusqu'à un seuil de 4% et de fabriquer un lait fermenté ayant les vertus probiotiques d'un yaourt complété par les bienfaits santé des composés phénoliques de fenouil et de concevoir un produit nouveau nutraceutique au bénéfice santé pour le consommateur Algérien.

Globalement, les paramètres physico-chimiques mesurés dans les laits fermentés type yaourt fortifiés d'extrait des graines de *Foeniculum vulgare* à savoir acidité, pH et viscosité sont comparables ( $p > 0.05$ ) au yaourt témoin qui s'est tout de même démarqué avec de meilleurs résultats. Aussi, il s'avère, que les doses incorporées « d'extrait de la plante » n'ont pas affecté même à une forte concentration de 4% la croissance des germes spécifiques dont le nombre de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* trouvé dans les produits au cours de l'entreposage est resté conforme à la norme admise de  $10^7$  germes/ml (Cachonet *et al.*, 1998).

Plusieurs études ont montré que les extraits du fenouil présentent des propriétés antibactérienne (Singh & Kale, 2008) contre notamment les agents pathogènes portés par les aliments comme *Escherichia coli*, *Bacillus megaterium* et *Staphylococcus aureus* (Mohsenzadeh, 2007 ; Rather *et al.*, 2012).

Il est aussi bien prouvé que le fenouil favorise un confort digestif grâce notamment à ses propriétés antimicrobiennes (Kothe, 2008). C'est un allié de choix pour combattre les troubles digestifs et les douleurs abdominales. Ces bienfaits sur la santé s'expliquent par la présence de divers composés phytochimiques bioactifs dans les graines de fenouil. D'après (Jaganath et Crozier, 2010) les acides phénoliques, y compris l'acide hydroxybenzoïque (C6-C1) et l'acide hydroxycinnamique (les dérivés de C6 -C 3), peuvent être présents dans le fenouil sous les formes

solubles conjuguées avec des sucres ou des acides organiques, aussi bien que lié à des structures plus complexes telles que les tannins ou les lignines hydrolysables. Les flavonoïdes représentent également une classe de métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal dont les graines de fenouil. **Lazouni et al. (2006)** ont montré aussi que les extraits aqueux et les extraits éthanolique des graines et des tiges de fenouil contiennent des tanins. Selon **Girre (2006)**, le fenouil contient des hydrox coumarines (osthénol, scoparine et ombéllifénone) et des furanocoumarines sous forme de trace (bergaptène, impérorine et psoralène). Selon (**Girre 2006**) le fenouil contient éventuellement des trimères de stilbènes et leurs hétérosides. Deux trimères de stilbène diglucoside (foeniculosides) et un dérivé de benzoisofuranone ont été isolés du fruit de *F. vulgare* (**Simona De Marino et al., 2007**) ainsi que le Miquélianine (**Parejo et al., 2004b**), le cis-miyabénol, le trans-miyabénol, le trans-resveratrol 3-O-β-Dglucopyranoside, le sinapyl glucoside et le syringin 4-O-β-glucoside (**Simona De Marino et al., 2007**).

A ce jour aucune étude à notre avis n'a dévoilé les effets antimicrobiens des extraits de cette plante riche en composés phénoliques vis-à-vis de certains germes bénéfiques dont les deux germes *Streptococcus thermophilus* et *Lactpbacollus bulgaticcus* spécifiques du yaourt.

L'extrait des graines de fenouil est bien connu aussi pour sa forte activités antioxydante (**Mahmoudi et al., 2012**). A ce propos, une étude menée sur les espèces de fenouils sauvages (comestibles et médicinaux) dans plusieurs pays méditerranéens (**Ruberto et al., 2000 ; Rather et al., 2012**) a bien démontré que l'extrait alcoolique du *Foeniculum vulgare* L présente une forte activité antioxydante par la diminution du niveau du malondialdéhyde (**Ruberto et al., 2000 ; Rather et al., 2012**). Il est intéressant de suivre l'impact d'ajout d'extrait hydroéthanolique de la plante objet de l'étude (*Foeniculum vulgare*) a fort pouvoir antioxydant vis-à-vis de la stabilité du profil en acides gras des lipides du yaourt au cours de sa conservation au froid à 4°C.

Les dégustateurs ayant participé à l'étude de la qualité sensorielle ont révélé également que les critères suivants (goût, couleur et odeur) ne sont pas altérés dans les yaourts additionnés d'extrait phénoliques de fenouil qui ont d'ailleurs présenté même une meilleure sensation de fraîcheur que le témoin.

Divers composés volatiles et aromatiques interviennent dans la saveur et l'appétence du yaourt. C'est principalement le lactose qui intervient dans la formation de ces composés (Loones, 1994). Parmi ceux-ci, l'acide lactique confère au yaourt son goût acidulé qui (Schkoda et al., 1998 ; Van marle, 1998), s'avère être produit à des teneurs suffisantes même à des taux sévères de 4% d'incorporation d'extrait de fenouil dans le produit. L'acétaldéhyde, le diacétyl, acétone, acétoïne, et bien d'autres composés aromatiques qui semblent être produit normalement en présence d'extrait hydroéthanolique de fenouil par *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* ont contribué éventuellement à l'équilibre et à la finesse de la saveur des laits fermentés (Schkoda et al., 1998 ; Vanmarle, 1998).

Aucune différence d'adhésivité et de cohésivité n'a été observée entre les laits fermentés expérimentaux. D'après les études réalisées sur le yaourt, la texture semble dépendre de plusieurs autres facteurs dont la concentration en matière sèche (Schkoda et al., 1998 ; Van marle, 1998), la méthode d'enrichissement du lait (Tamime et al., 1984), le traitement thermique subi (Kessler, 1998) et enfin, la nature des souches bactériennes utilisées et de leur capacité à synthétiser des exocellulaires (EPS) capables d'augmenter la viscosité du gel (Hassan et al., 1995). Apparemment, l'ajout d'extrait hydroéthanolique des graines de *Foeniculum vulgare* riche en composés phénoliques jusqu'à un seuil élevé de 4% n'entrave pas l'activité des souches spécifiques du yaourt dont *Streptococcus thermophilus* à fermenter normalement le lactose du lait et à produire des quantités d'exopolysaccharide suffisantes pour assurer une bonne coagulation et une viscosité adéquat au même titre que le témoin.

En fin, il apparait que la sensation de fraîcheur ressentie par certains panélistes dans les yaourts fortifiés d'extrait des graines de «*Foeniculum vulgare* » surtout à 4% d'extrait hydroéthanolique est sans doute dûe à un composé de la plante non identifiés à ce jour et qui peut être un atout d'aide à la maîtrise de la qualité et à la formulation d'un nouveau produit santé alicament susceptible de couvrir la demande sans cesse croissante des consommations.

## CONCLUSION :

Le yaourt est unique produit vivant très différent des produits traités thermiquement (étuvés ou pasteurisés) dont on allonge la durée de conservation en inactivant leur flore bactérienne. L'intérêt d'avoir un produit vivant tient au fait que les cultures vivantes améliorent la digestion du lactose chez les individus ayant des difficultés à les digérer (**Codex Alimentarius, 2002**). La sélection des souches de bactéries lactiques utilisées en industrie se fait selon des critères distincts. Ces bactéries doivent être vivantes dans le produit et leur nombre doit dépasser dix millions par gramme de yaourt à la date limite de conservation (**Hols et al., 2005; feiler et Klaenhammer, 2007; Champagne et al., 2009**).

Les ferments sont utilisés en raison de leur capacité de production d'acide lactique à partir du lactose. De plus, ils possèdent d'autres fonctions importantes comme l'inhibition des microorganismes indésirables, l'amélioration des propriétés sensorielles et rhéologiques, en plus de leurs bienfaits prouvés pour la santé.

La biotechnologie moderne a permis aux chercheurs de développer une meilleure connaissance de la physiologie de *S.thermophilus* in vitro qui pourrait être exploitée en vue d'une amélioration de la qualité organoleptique des différents produits laitiers.

Les bienfaits du fenouil sur la santé sont multiples, est reconnu comme un allié pour traiter les troubles digestifs et l'inflammation des voies respiratoires. Traditionnellement, on lui confère un rôle dans le traitement des flatulences, des douleurs menstruelles ou encore pour stimuler la lactation. Il ne provoque pas de somnolence. Si l'on respecte les doses thérapeutiques de 1,6g/j, il n'exerce aucun effet indésirable chez l'homme (**Desaulnier Margarit. ,2003**).

En Algérie, la culture et la recherche des propriétés du fenouil (*Foeniculum vulgare*) sont peu nombreuses. Les perspectives de leur incorporation dans les aliments transformés comme conservateurs sont fortement recommandées. Il est également souhaitable d'entreprendre des études sur l'influence des extraits d'autres espèces de romarin et d'autres plantes (pistacia, Laurier ..... ) récoltés en Algérie sur la qualité et la stabilité des yaourts.

## Référence :

- Alm L.1982a.** Effect of fermentation on milk fats of Swedish fermented milk products. *J Dairy Sei* 65 :522-530.
- ANONYME. 1995.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. *Collection FAO : Alimentation et nutrition*, p : 28.
- Amimar Z., Lamarti A., Badoc A., Reduron J.P., Ouahabi S. and Muckensturm B., 2001.** Clonage du fenouil doux par culture d'apex. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 140:43-58.
- Amin I. and Tan S.H., 2002.** Antioxidant activity of selected seaweeds. *Malaysian Journal of Nutrition*, 8 :167-177.
- BILIADERIS C.G., KHAN M.M. et BLANK G. 1992.** Rheological and sensory properties of yogurt from skim milk and ultrafiltered retentates. *International Dairy Journal*, 2, 311-323.
- Boccignone M. Brigidi R. Sarra C., 1984.** Studi effettuati sulla composizione in trigliceridi ed acidi grassi liberi nello yoghurt preparato da latte vaccino. Pecorino e caprino. *Ann Fac Med Vet (Turin)* 28.223-233.
- Badoc A., Amimar Z., Lamarti A. and Deffieux G., 1998.** Action de la colchicine lors de la micropropagation du fenouil (*Foeniculum vulgare Mill.*) sur l'huile essentielle des fruits. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 137 : 25-36.
- Bourgeois. CM, Larpent.J.P, 1996.** Microbiologie alimentaire, Aliments fermentés et fermentation alimentaires, 2e édition, Lavoisier TEC, DOC. Pp90.
- Barros L., Sandrina A., Carvalho M., and Ferreira I., 2009.** Systematic evaluation of the antioxidant potential of different parts of *Foeniculum vulgare Mill.* Rom Portugal, pp 2458–2464.
- Badoc A., Amimar Z., Lamarti A., and Deffieux G., 1995.** Action de la colchicine lors de la micropropagation du fenouil (*Foeniculum vulgare Mill.*) sur l'huile essentielle des fruits. *Bull*, pp. 25-36.
- Coşge B., Kiralan M., and Gürbüç B., 2008.** Characteristics of fattyacids and essential oil from sweet fennel (*Foeniculum vulgare Mill.* var. dulce) and bitter fennel fruits (*F. vulgare Mill.* var. Vulgare), pp 1011–1016.
- CODEX ALIMENTARIUS. 1975** Normes n°A 11(A).- Rome : FAO/OMS.p : 86.
- Conner D., 1993.** Naturally occurring compound. In: Antimicrobials in Foods Davidson P, Branen AL, Marcel Dekker publishing company wNew York, pp 15-20.



**Debuigne G., and Couplan F., 2009.** Petit Larousse des Plante Médicinales. Ed. Paris Larousse, pp 79.

**Guyot P. 1992.** Les yaourts. D.L.G. Food Tec., pp: 4-11.

**Gulfraz M., Mehmood S., Minhas N., Jabeen N., Kausar R., Jabeen K., and Arshad G. 2008.** Composition and antimicrobial properties of essential oil of *Foeniculum vulgare*, pp4364-4368.

**Hendawy S., and Ezz El-Din A., 2010.** Growth and yield of *Foeniculum vulgare* var.azoricum as influenced by some vitamins and amino acids, pp.113-122.

**HASSAN A.N., FRANK J.F., FARMER M.L., SCHMIDIT K.A. and SHALABI S.A. 1995.** Observation of encapsulated lactic acid bacteria using confocal scanning laser microscopy. Journal of Dairy Science, 78, 2624-2628.

**Jahfar M., Vijayan K.K. et Azadi P., 2003.** Studies on a polysaccharide from the fruit rind of *Punica granatum*. Research Journal of Chemistry and **Jeantet, R., Croguennes, T., Mahaut, M., Schuck, P., Brulé, G., 2008.** Les produits laitiers. Ed Techniques et Documentations. Lavoisier-Paris .Pp185.

**Mahmoudi Z., Soleimani M., Abbas saidi A., Khamisipour G., and Azizsoltani A.2012.** Effects of *Foeniculum vulgare* ethanol extract on osteogenesis in human meenchymal stem cells, pp 135-142.

**Mohsenzadeh, M., 2007.** Evaluation of antibacterial activity of selected Iranian essential oils against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in nutrient broth medium, pp 3693–3697.

**Kothe H.W., 2008.** 1000 plantes aromatiques et médicinales. Terre editions. Toulouse, 328p.

**Koul O., Walia S. and Dhaliwal G.S. 2008.** Essential oils as green pesticides: potential and Constraints. *Biopestic. Int.* 4(1): pp.63–84.

**LEORY F., DEGEEST B., DE VUYST L., 2002** A novel area of predictive modeling : describing the functionally of beneficial micro-organisms in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 73 : 251-259.

**Luquet 1985.** Lait et Produits Laitiers : Transformation et Technologies. Ed. Techniques et Documentation, Lavoisier, p 633.

**Loones, A. 1994** Laits fermentés par les bactéries lactiques. In bacteries lactiques : Aspects fondamentaux et technologiques. De Roissart, H & Luquet, F. M. (Ed), Lorica, Uriage, 2, p : 135-145.

**LOONES A.1994.** Lait fermenté par des bactéries lactiques. In « bactéries lactiques ». Vol II. DE ROISSART H. et LUQUET F.M. Ed. Lorica, Paris. 37-151.

**Lazouni H A, Benmansour A, Chabane S, Smahi M. 2006.** Valeurs nutritives et toxicité du *Foeniculum vulgare* miller. *Afrique Science*, **02**(1) : 94-101.

**Lazouni H., Benmansour A., Taleb-Bendiab S., and Chabane D. 2007.** Composition des constituants des huiles essentielles et valeurs nutritives du *Foeniculum vulgare* Mill, pp 7-12.

**Lazouni, H., A. Benmansour, et al., 2006.** "Valeurs nutritives et toxicité du foeniculum vulgare miller." *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie* 2(1).

**Megalla SE, Hafez AH 1984.** Detoxification of aflatoxin BI' by acidogenous yogurt. *Mycopathologia*, 77 :89-91.

**MARTY-TEYSSET C. DE LA TORRE F and GAREL J-R. 2000.** Increased. Production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus delbruekii* ssp *bulgaricus* upon aeration : involvement. *Applied and Environmental Microbiology*, 66 :262-297.

**Matthäus B., and MusazcanÖzcan M. 2015.** Oil content, fatty acide composition anddistributions of vitamin-e-active compounds of some fruit seed oils, pp. 124–33.

**Olle M., and Bender I. 2010.** The content of oils in **umbelliferous crops** and its formation, pp 687–696.

**Robinson R.K. et Tamime A.Y. 1986.** Recent developments in Yogurt Manufacture. In: Modern Dairy Technology. **Hudson B.J.F. (Ed.)**, Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 1-36.

**Romain. J; Thomas. C; Michel. M; Pierre. S; Gérard. B, 2008:** Les produits laitiers. Ed. Tec & Doc, 11, rue Lavoisier 75008. Paris. P (1-33).

**Rasic J, Curcic R, Stojsavljevic T, Obradovic B. 1971.** A study on the amino acids of yoghurt. *Milchwissenschaft*, 26 : 496-499.

**Rock, E. 2003.** Stress oxydant, micronutriments et santé. Inra- CRNH, unité des maladies métaboliques et micronutriments 63122 St Genès Champanelle. Université d'été de nutrition–Clemont-Fenaud, 37-42.

**Ruberto G., Baratta M., Deans S., and Dorman H. 2000.** Antioxidant and antimicrobial activity of *Foeniculum vulgare* and *Crithmum maritimum* essential oils, pp 687–693.

**Rather, M. A., B. A. Dar, et al., 2016.** "Foeniculum vulgare: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety." *Arabian Journal of Chemistry* 9: S1574-S1583.

**Rather M., Dar B., Sofi S., Bhat B., and Qurishi M. 2012.** *Foeniculum vulgare*: A Comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety, pp18-22.

**SCHMIDT J.L., TOURNEUR C et LENOIR J. 1994.** Fonction et choix des bacteries lactiques laitières in « bacteries lactiques ». DE ROISSART H. et LUQUET F.M. *Ed. Lorica*, paris.2, p : 37-46.

**SCHKODA A, STUMPH A. and KESSLER H.G. 1998.** Stability of texture of fermented milk products in relation to composition. Texture of fermented milk products and dairy dessert. Proceedings of the IDF Symposium. Vicenza, Italy, 5-6 May 1997, 115-121.

**Sultana, B., F. Anwar and M. Ashraf, 2009.** Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules.*, 14: 2167-2180.

**Singh B., and Kale R.2008.** Chemo modulatory action of *Foeniculum vulgare* (Fennel) on skin and forestomach papillomagenesis, enzymes associated with xenobiotic metabolism and antioxidant status in murine model system. *Food and Chemical Toxicology*, pp 3842–3850

**TAMIME A.Y and ROBINSON R.K. 1999** *Yogurt science and technology*. 2nd Ed. Cambridge : woodhead Publishing.

**TAMIME A. Y., KALAB M. and DAVIES G. 1984.** Microstructure of set-style yoghurt manufactured from cow's milk fortified by various methods. *Food Microstructure*. 3:83-92.

**Toba T, Watanabe A, Adachi S 1983.** Quantitative changes in sugars, especially oligosaccharides, during fermentation and storage of yogurt. *J Dairy Sei* ,66 :17-20.

**Vidal-Valverde C, Martin-Villa C, Herranz J 1984.** Determination of soluble carbohydrates in yogurts by high performance liquid chromatography. *J Dairy Sei*, 67 :759-763.

*Vienna C., Bauer R., Carle R., Tedesco D., Tubaro A., and Zitterl-Eglseer K., 2005. Assessment* of plants/herbs, plant/herb extracts and their naturally or synthetically produced components as “additives” for use in animal production, pp 297.

*Yildiz F. 2010. Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products. CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC. 435 p.*