

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
جامعة امحمد بوقرة، بومرداس  
UNIVERSITE M'HAMED BOUGUARA, BOUMERDES



Faculté des Sciences  
Département de Biologie  
Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master  
Académique en Agronomie  
Filière : sciences agronomiques  
*Spécialité : contrôle de qualité et nutrition en agro-alimentaire*

## Thème

**Formulation d'un yaourt à base de la poudre de  
pelure de la betterave rouge (*Beta vulgaris* L.)**

Présenté par : KOURDACHE Youba

OUCHIHA Oussama

Soutenu le : **18 Mai 2017**

Devant le jury composé de

M <sup>me</sup> HALLADJ F.	MCB(UMBB)	Présidente
M <sup>me</sup> AIT KAKI S.	MCA(UMBB)	Examinatrice
M <sup>me</sup> AMELLAL H.	MCA(UMBB)	Promotrice

Année universitaire : 2016/2017

## *Remerciements*

*Avant tout, nous tenons à remercier le Dieu tout puissant qui nous a accordé santé et courage pour mener ce travail jusqu'au bout.*

*Nous tenons à remercier également notre promotrice Mme Amellal qui a accepté de nous encadrer et qui nous a guidé dans la réalisation de ce travail.*

*Nous remercions Mme Hit Kaki, S et Mme Haladi, F d'avoir accepté de faire part du jury de ce mémoire.*

*Nos vifs remerciements s'adressent également à toute l'équipe du laboratoire Ramdy*

*Que tous ceux qui nous ont aidé, de près ou de loin, à mener à bout ce travail, trouvent ici l'expression de notre reconnaissance et notre profonde gratitude.*

*Merci.*

# *Dédicace*

*J'ai le grand plaisir de dédier ce travail  
A la lumière de ma vie, mes très chers parents  
A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse,  
ma mère, la perle la plus chère La source de tous mes  
espoirs pour son sacrifice, son aide, ses conseils et sa  
patience.*

*A mon père, La base de toute ma carrière, le plus  
cher qui existe sur terre, école de mon enfance, qui a  
été mon ombre durant toutes les années des études,  
et qui a veillé tout au long de ma vie à  
m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.*

*Que Dieu les garde et les protège.*

*A mes très chers frères Pour leur soutien moral et  
leur sacrifice.*

*A tous mes amis*

*A mon binôme et ami OUSSAMA et à toute sa  
famille*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A mes chers parents pour leur amour, soutien et patience. Je les remercie d'autant que je ne remercie personne*

*Que DIEU les garde et les protège*

*A mes frères SAÏD et BILAL*

*A ma sœur Asma*

*A toute ma famille*

*A mes proches*

*A mes amis Amazigh, Amine, Alili, Mouh, Bilal, i'Madus,*

*Karim, Walide, Zaki, Majou, Yacine, .....*

*A toutes et tous mes ami(e)s ceux qui m'ont soutenu de loin et de près*

*A mon collègue YOUNA et sa famille*

*A toute la promotion Nutrition et contrôle en agro-alimentaire*

*2016/2017.*

*OUSSAMA*

## Sommaire

Introduction .....	1
Synthèse bibliographique	
Chapitre I : La betterave rouge	
I.1. Origine et répartition géographique .....	2
I.2. Type de betterave .....	2
I.3. Classification botanique .....	2
I.4. Caractères généraux.....	2
I.5. Composition de la betterave rouge .....	3
I.6. Les effets thérapeutiques de la betterave rouge.....	4
<a href="#">Chapitre II : Le yaourt</a>	
II.1. Historique .....	6
II.2. Définition et réglementation du yaourt .....	6
II.3. Les différents types du yaourt .....	8
II.4. Les matières premières.....	8
II.5. Bactéries caractéristiques du yaourt .....	9
II.6. Processus de fabrication du yaourt .....	10
II.7. Caractérisation du yaourt.....	15
II.7.1. Paramètres physico-chimiques.....	15
II.7.2. Paramètres microbiologiques.....	16
II.8. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques.....	17
Etude expérimentale	
Chapitre III : Matériel et méthodes	
III.1. Matériel biologique .....	18
III.2. Caractérisation physico-chimique de la poudre de pelure de betterave.....	18
III.3. Formulation et caractérisation physico-chimique des yaourts formulés.....	19
III.3.3 L'analyse sensorielle (Test de dégustation).....	26
III.3.4. Analyses microbiologiques .....	27

## Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Caractérisation physico-chimique de la pelure de betterave .....	29
IV.1.1. Brix.....	29
IV.1.2. Acidité .....	29
IV.1.3. pH .....	29
IV.1.4. Extrait sec .....	30
IV.1.5. Cendres .....	30
IV.1.6. Teneur en Polyphénols totaux .....	30
IV.2. Caractérisation des yaourts formulés.....	30
IV.2.1. Analyse physico-chimique.....	30
IV.2.1.1. pH.....	31
IV.2.1.2. Acidité .....	32
IV.2.1.3. Extrait sec total .....	32
IV.2.1.4. Teneur en matière grasse .....	32
IV.2.2. Analyse sensorielle (test de dégustation) .....	33
IV.2.3. Indices de couleur .....	34
IV.2.4. Analyse de la Texture .....	35
IV.2.5. Taux de Cendres .....	36
IV.2.6. Polyphénols totaux et activité antioxydante .....	37
IV.2.7. Evolution du pH et de l'acidité titrable .....	37
IV.2.7. Analyse microbiologique.....	39
Conclusion .....	41
Références bibliographiques.....	42
Annexes	

## Liste des abréviations

- **[C]** : Concentration.
- **°D**: Degré Dornic.
- **Abs** : Absence.
- **AC**: Acide.
- **AFNOR** : Association Française de Normalisation.
- **AT**: Acidité titrable.
- **BP**: Baird Parker.
- **DPPH**: Diphenyl-2-picryl-hydrazyl.
- **EAG** : Equivalent Acide gallique.
- **EST** : Extrait sec total.
- **F.I.L** : Fédération Internationale du Lait.
- **H%** : Pourcentage d'humidité.
- **ISO** : International Standard Organisation.
- **JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne.
- **Kcal** : Kilo calorie.
- **M17** : Gélose M17.
- **MG** : Matière grasse.
- **MRS** : Gélose de Man, Rogosa, Sharpe.
- **MS** : Matière sèche.
- **N** : Normalité.
- **nm** : Nanomètre.
- **pH** : Potentiel Hydrogène.
- **Tr/min** : Tours par minute.
- **TSS** : Taux de solides solubles.
- **V** : Volume.
- **VRBL** : Gélose Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre.
- **YB2** : Yaourt à base de 2 gramme de poudre de pelure de la betterave.
- **YB4** : Yaourt à base de 4 gramme de poudre de pelure de la betterave.
- **YB8** : Yaourt à base de 8 gramme de poudre de pelure de la betterave.
- **YB12** : Yaourt à base de 12 gramme de poudre de pelure de la betterave.
- **YN** : Yaourt nature.

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1.</b> Classification botanique de la betterave rouge potagère.....	2
<b>Tableau I.2.</b> Valeurs nutritionnelles pour 100 g de la partie comestible de la betterave.....	4
<b>Tableau II.1.</b> Différents types du yaourt et leurs caractéristiques.....	8
<b>Tableau II.2.</b> Critères microbiologiques du yaourt.....	16
<b>Tableau III.1.</b> Les différentes recettes de yaourts formulés.....	20
<b>Tableau III.2.</b> Les différents germes recherchés et dénombrés.....	27
<b>Tableau IV.1.</b> Résultats de l'analyse physico-chimique de la poudre de pelure de betterave.....	29
<b>Tableau IV.2.</b> Les résultats de l'analyse physico-chimique des yaourts fabriqués.....	30
<b>Tableau IV.3.</b> Les notes des dégustateurs.....	32
<b>Tableau IV.4.</b> Transformation des notes en rangs. ....	33
<b>Tableau IV.5.</b> Les indices de couleur. ....	34
<b>Tableau IV.6.</b> Paramètres de pénétration des deux yaourts YN et YB4. ....	35
<b>Tableau IV.7.</b> Le taux de cendres pour YN et YB4. ....	36
<b>Tableau IV.8.</b> Résultats de l'activité antioxydante et des teneurs en polyphénols des yaourts YN et YB4. ....	37
<b>Tableaux IV.9.</b> Résultats des analyses microbiologiques. ....	40

## Liste des figures

<b>Figure I.1.</b> Betterave rouge. ....	3
<b>Figure II.1.</b> Les bactéries du yaourt. ....	10
<b>Figure II.2.</b> Diagramme général de fabrication du yaourt ferme et du yaourt brassé. ....	11
<b>Figure II.3.</b> Diagramme de fabrication du yaourt ferme. Et du yaourt brassé ....	12
<b>Figure III.1.</b> Diagramme de fabrication du yaourt à base de la poudre de pelure de betterave.....	20
<b>Figure III.2.</b> Texturomètre TA (photo originale). ....	23
<b>Figure III.3.</b> Colorimètre de laboratoire type CielabKorica Minolta CR10 (photos Originale).....	25
<b>Figure IV.1.</b> Variation des indices de couleur ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) entre YN et YB4.....	34
<b>Figure IV.2.</b> Profil de pénétrométrie sur YB4 et YN. ....	36
<b>Figure IV.3.</b> Evolution du pH en fonction du temps durant 28 jours pour le yaourt nature et Le yaourt à base de la poudre de pelure betterave (YB4). ....	38
<b>Figure IV.4.</b> Evolution de l'acidité en fonction du temps durant 28 jours de stockage pour le yaourt nature et le yaourt à base de la poudre de pelure de betterave (YB4). ....	39

## Introduction

Il est bien connu que les produits laitiers frais fermentés, comme le yaourt, sont des aliments de grande consommation dans tous les pays (Nakasaki *et al.*, 2008).

Avec le progrès technologique réalisé, 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 (Rohmain, *et al.*, 2010). C'est un produit consommé la plupart du temps comme un dessert, largement consommé part le monde, car il convient à toutes les tranches d'âge et même chez les sujets intolérants au lactose (Nagai *et al.*, 2011).

Le yaourt est obtenu par incubation de lait avec un mélange de *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* (JORA, 1998), d'autres ingrédients peuvent être ajoutés au yaourt, comme les fibres de fruits et légumes, de fruits secs ou légumes comme les céréales.

Le légume étudié dans notre présent travail est la betterave rouge (*Beta vulgaris* L.) est originaire de la Méditerranée ou encore du sud de l'Europe, en Algérie, la betterave potagère trouve des conditions extrêmement favorables pour son développement mais très peu cultivé (Benachour, 2008). Aujourd'hui, la betterave rouge est connue non seulement par son goût doux et modérément sucré, mais aussi par sa haute valeur nutritionnelle. L'importance nutritionnelle de la betterave rouge est principalement due à richesse de celles-ci en fibres, en sucre, en minéraux et en vitamines et en polyphénols (Oyen, 2004).

Ce travail rentre dans le cadre de la valorisation de la pelure de la betterave rouge qui est un déchet ménagère en l'introduisant dans un yaourt afin d'obtenir un aliment fonctionnel à caractère nutritionnel et thérapeutique. Le choix des pelures de la betterave est justifié par la richesse de celles-ci en fibres, en sucre, en minéraux tel que le fer et en vitamines du groupe B (B1, B2, B3 et B6) (Schwartz et Von Elbe, 1980).

Le travail consiste en la formulation de plusieurs recettes à différentes concentrations de poudre de pelure de la betterave.

Afin de traiter ce sujet, nous avons divisé notre travail en deux grandes parties :

Une synthèse bibliographique composée de deux chapitres : le premier chapitre généralités sur la betterave potagère et un deuxième chapitre qui consiste à donner des généralités sur le yaourt.

Tandis que dans la partie pratique, on retrouve un chapitre sur le matériel et méthodes mises en œuvre dans le cadre du travail expérimental. Un autre chapitre qui englobera les résultats et discussion. Enfin on termine par une conclusion.

# Chapitre I : La betterave rouge

## I.1. Origine et répartition géographique

La betterave potagère est originaire de la Méditerranée ou encore du sud de l'Europe, est un légume dont la culture et la consommation sont relativement récentes (XIV-XV siècle). L'amélioration ou la sélection intensive de cette espèce ainsi que l'introduction de certaines variétés précieuses ont beaucoup contribué à la vulgarisation de cette espèce maraichère dans presque tous les pays d'Europe et d'Amérique. En Algérie, la betterave potagère trouve des conditions extrêmement favorables pour son développement, mais ce légume n'a pas reçu jusqu'à présent l'étendue et la consommation qu'il mérite. Sa culture est pratiquée sur de petites superficies (Benachour, 2008).

## I.2. Types de betteraves

La betterave existe sous différentes couleurs et formes de racines : longue, demi-longues rondes et aplaties. Les plus communes sur le marché sont rondes avec une teinte rouge très foncée (Denis, 2010).

## I.3. Classification botanique

Selon la classification botanique (tableau I.1), la betterave rouge potagère (*Beta vulgaris* L.) est une plante bisannuelle à racines charnues (partie consommée) de la famille des *Chenopodiaceae*.

**Tableau I.1.** Classification botanique de la betterave rouge potagère.

<u>Règne</u>	<u>Plantae</u>
<u>Division</u>	<u>Magnoliophyta</u>
<u>Classe</u>	<u>Magnoliopsida</u>
<u>Ordre</u>	<u>Caryophyllales</u>
<u>Famille</u>	<u>Chenopodiaceae</u>
<u>Genre</u>	<i>Beta</i>
<u>Espèce</u>	<i>Beta vulgaris</i>

## I.4. Caractères généraux

### I.4.1. Le feuillage

Le feuillage est cloqué, comme celui de l'épinard. Les feuilles, dotées d'un long pétiole, sont arrangées en rosette sur la racine. Les feuilles contiennent, à des degrés variables selon le cultivar, des pigments rouges (Denis, 2010).

Les feuilles de betterave rouge contiennent de la lutéine et de la zéaxanthine, deux composés antioxydants de la famille des caroténoïdes (Ribaya-Mercado et Blumberg, 2004). Ses feuilles en sont également très riches en composés phénoliques.

#### **I.4.2. La racine**

La racine est pivotante et se tubérise en partie hors du sol. Une betterave bien établie résiste-t-elle assez bien à la sécheresse (Denis, 2010). La betterave rouge est l'un des rares végétaux qui contiennent des bétalaïnes (Kujala et vienola 2002), une famille de pigments contribuant à sa couleur prononcée.



**Figure I.1.** Betterave rouge (Arvy et Galouin, 2007).

#### **I.4.3. La fleur et le fruit**

Se développent la deuxième année après une vernalisation au champ ou en entrepôt. En semis de primeur, on observe parfois une certaine quantité de mises à fleurs à cause du froid en période d'implantation (Denis, 2010).

#### **I.4.4. La graine**

La graine de betterave est intégrée dans un glomérule qui contient de une à cinq graines, en moyenne trois (Denis, 2010).

#### **I.5. Composition de la betterave rouge**

La Betterave rouge (*Beta vulgaris* L.) est un légume traditionnel et populaire dans de nombreuses régions du monde. Elle est particulièrement riche en fibres, ainsi qu'en sucres, mais avec une valeur calorique modérée. Elle a une teneur importante en vitamines du groupe B (B1, B2, B3 et B6), ainsi que l'acide folique. Les racines de betteraves rouges sont consommées fraîches ou après un traitement thermique ou une fermentation. La betterave est également riche en composés phénoliques solubles comme les bétalaïnes qui sont les principaux pigments dans la betterave rouge responsable de sa teinte rougeâtre-pourpre ([Schwartz et Von Elbe, 1980](#)).

Le tableau I.2 présente les valeurs nutritionnelles pour 100 g de la partie comestible de la betterave potagère.

**Tableau I.2.** Valeurs nutritionnelles pour 100 g de la partie comestible de la betterave potagère (Oyen, 2004).

<b>Composition de La betterave potagère crue contient pour 100 g de partie comestible</b>	
<b>Eau</b>	87,6 g
<b>Protéines</b>	1,6 g
<b>Glucides</b>	9,6 g
<b>Fibres</b>	2,8 g
<b>Ca</b>	16 mg
<b>P</b>	40 mg
<b>Fe</b>	0,8 mg
<b>Thiamine</b>	0,03 mg
<b>Riboflavine</b>	0,04 mg
<b>Niacine</b>	0,33 mg
<b>Folate</b>	109 µg
<b>Acide ascorbique</b>	5 mg
<b>La valeur énergétique pour 100g de betterave</b>	180 kJ (43 kcal)

## **I.6. Les effets thérapeutiques de la betterave rouge**

### **I.6.1 Pouvoir antioxydant**

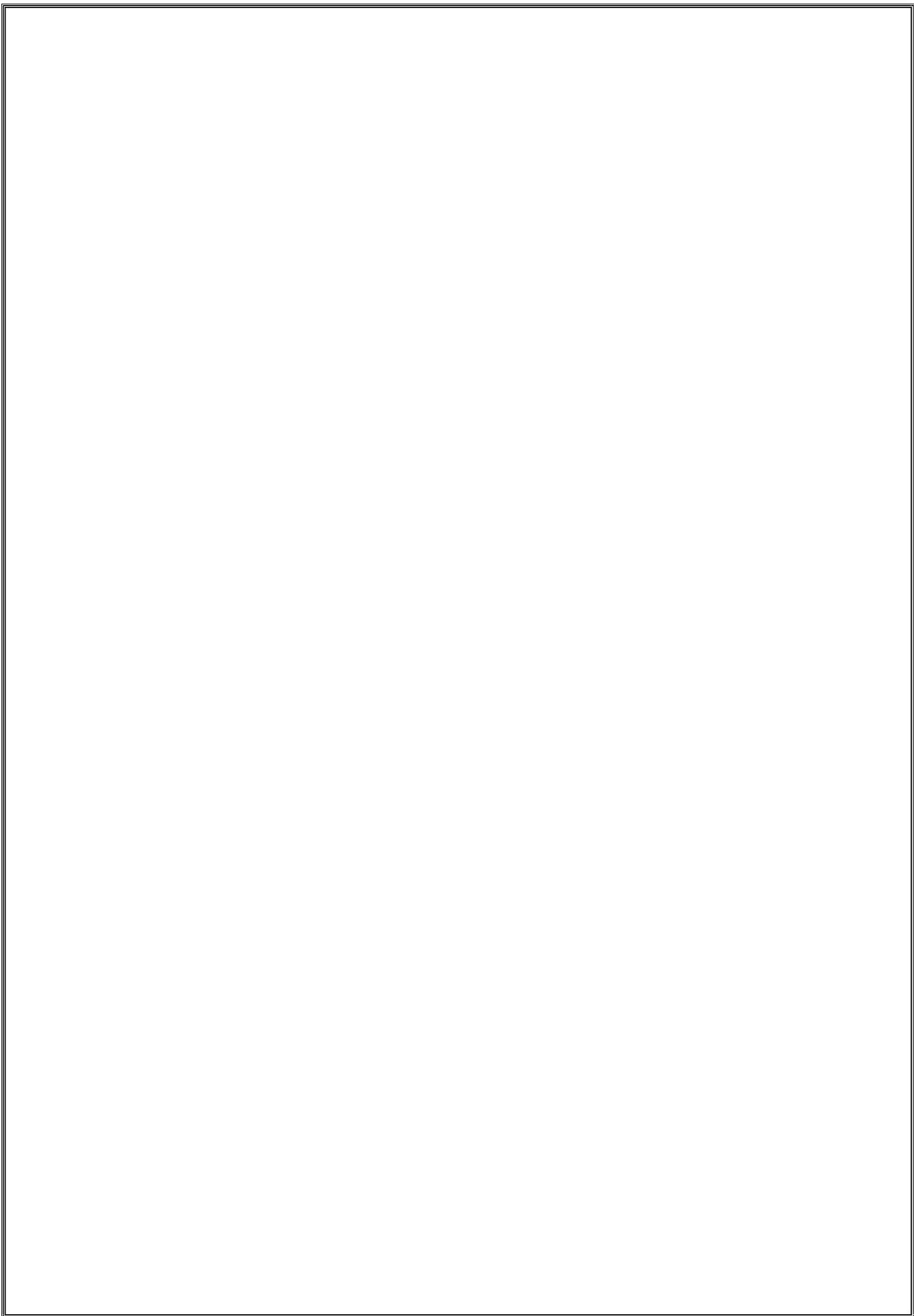
La betterave est un des légumes ayant le meilleur pouvoir antioxydant (Stintzing, 2004). Les antioxydants sont des composés qui protègent les cellules du corps des dommages causés par les radicaux libres (Winkler *et al.*, 2005).

### **I.6.2 Anti-inflammatoires anti-tumorales**

La betterave est l'un des rares végétaux qui contiennent des bétalaïnes (Kujala et vienola 2002), une famille de pigments contribuant à sa couleur prononcée. Les bétalaïnes posséderaient aussi des propriétés anti-inflammatoires, anti-tumorales et de protection du foie (Escribano et Pedreno 1998; Winkler *et al.*, 2005).

### **I.6.3. Bienfaits pour le transit intestinal**

Riche en fibres, la betterave aide à lutter contre la paresse intestinale. Elle est d'ailleurs mieux tolérée pour les intestins sensibles lorsqu'elle est consommée cuite (Pavlov *et al.*, 2005).



## Chapitre II. Le yaourt

### II.1. Historique

Originaire d'Asie, le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) provient de « yoghurmark » qui signifie « épaissir » (Tamine et Deeth, 1980).

Les écrits les plus anciens relatifs aux yaourts sont attribués à Pline l'Ancien, celui-ci ayant remarqué que certaines tribus savaient « épaissir le lait en une matière d'une agréable acidité ». Il existe des preuves de l'existence de produits laitiers fermentés dans un but alimentaire depuis au moins le III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C (Lablondele, 2007).

Dans le sillage des découvertes de Louis Pasteur sur la fermentation lactique, de nombreux chercheurs s'intéressent aux micro-organismes présents dans le lait. En 1905, le Bulgare Stamen Grigorov a découvert, la bactérie *Lactobacillus bulgaricus* qui donne l'acidité au yaourt (Lablondele, 2007).

Les yaourts et les produits fermentés frais, identifiés comme aliments bénéfiques pour la santé, sont aujourd'hui des produits de grande consommation. Ainsi, selon une enquête du Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière, la production de yaourt et d'autres laits fermentés ne cesse de croître. La dynamique actuelle de ce marché oblige donc les industriels à formuler sans cesse de nouveaux produits laitiers frais (Enkelejda, 2004).

### II.2. Définition et réglementation du yaourt

Selon le Codex Alimentarius, le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par la fermentation lactique grâce à *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* et *Streptococcus salivarius* sous espèce *thermophilus* à partir du lait frais, ainsi que du lait pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) avec ou sans addition (de lait en poudre, poudre de lait ...). Les microorganismes doivent être viables et abondants. Les bactéries lactiques doivent êtreensemencées simultanément et trouvées vivantes dans le produit à raison d'au moins 10<sup>7</sup> bactéries/g.

Lors de la mise en consommation, la quantité d'acide lactique libre contenue dans le yaourt ne doit pas être inférieure à 0,8g pour 100g de produit (Mahaut *et al.*, 2000).

Les critères pris en compte par le codex alimentarius et la FIL dans la réglementation du yaourt sont les suivants :

- ❖ **Dénomination du produit** : elle varie selon les langues, mais les termes les plus utilisés sont <<yoghurt>>. <<yoghurt>> ou <<yaourt>>.
- ❖ **Le Type de produit** : il est défini souvent en fonction de teneur en matière grasse ou de l'adjonction éventuelle d'ingrédients (yoghourt partiellement écrémé ou maigre, yoghurt écrémé, le yoghurt sucré et le yoghurt nature).

- ❖ **Le type de ferment utilisé :** selon la FIL, et de nombreux pays, la dénomination <<yaourt>> nécessite l'utilisation obligatoire et exclusive des deux ferments caractéristiques *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* (Luquet et Carrieu, 2005).
- ❖ **La quantité de ferment contenue dans le produit fini :** la FIL fixe la quantité de ferments vivants, égale à  $10^7$  bactéries par gamme apportés à la partie lactée jusqu'à la date limite de consommation.
- ❖ **La viabilité de la flore lactique :** flore viable pendant toute la durée de vie.
- ❖ **Ingrédients laitiers :** lait pasteurisé, congelé, écrémé, concentré, en poudre, crème et caséines, etc.
- ❖ **Ingrédients non laitiers :** une multitude d'ingrédients peut être incorporée dans le yaourt. Il peut s'agir par exemple de fruits sous différents forme (purée, jus, pulpe, sirop, etc.), de céréales, de légumes ou de sucre. La quantité d'ingrédients non laitiers est fixée par le codex alimentarius, la FIL et la plupart des pays à moins de 30% en poids du produits fini.
- ❖ **pH :** La FIL préconise une teneur de 0,7% d'acide lactique .Cette valeur est respectée dans certains pays avec une variabilité de 0,6% à 15%. Certaines normes imposent un pH inférieur à 4,5 ou 4,6.
- ❖ **Taux de matière grasse :** Il doit être minimum, inférieur à 3%(m/m) dans le cas des yaourts (nature sucre ou aromatisé) compris entre 0,5 et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémés et 0,5% dans les yaourts écrémés.
- ❖ **Teneur en protéines :** elle est égale à 2,8% dans le produit fini (Luquet et Carrieu, 2005).

En fonction de la technologie de fabrication, les yaourts sont divisés en deux groupes :

- **Yaourts fermes**, dont la fermentation a lieu en pots. Ce sont généralement des yaourts naturels ou aromatisés.
- **Yaourts brassés**, dont la fermentation a lieu en cuves avant le conditionnement. Ce sont généralement des yaourts brassés naturels ou aux fruits (Luquet et Carrieu , 2005).

### II.3. Les différents types de yaourt

Il existe plusieurs variétés de yaourt qui diffèrent par leur composition chimique, leur technologie de fabrication ainsi que leur saveur. Le tableau II.1 résume les différentes catégories de yaourt.

**Tableau II.1.** Différents types du yaourt et leurs caractéristiques (Vignola, 2002).

Les différents types	Caractéristiques
<b>a) Selon la teneur en matière grasse :</b>	
*Yaourt entier	MG minimum 3%
*Yaourt partiellement écrémé	MG moins de 3% et plus de 0,5%
*Yaourt écrémé	MG maximale 0,5%
<b>b) Selon la technologie de fabrication :</b>	
*Le yaourt étuvé ou ferme	*Ce sont des yaourts naturels ou aromatisés, qui ont une texture ferme à surface lisse incubé et refroidi en pot.
*Le yaourt brassé	*Il présente une texture presque fluide. Amené à une consistance crémeuse après coagulation, incubé en cuve et refroidi avant le conditionnement.
*Le yaourt à boire	*Similaire au type brassé mais dont le coagulum est réduit à l'état liquide avant conditionnement.
<b>c) Selon les additifs alimentaires :</b>	
*Yaourt aromatisé	*Addition d'arôme.
*Yaourt fruité	*Addition de fruit.
*Yaourt light	*Addition d'édulcorant sans sucre.

## II.4. Les matières premières

### II.4.1. Le lait frais

La principale matière pour la fabrication des yaourts est le lait de vache. Il est constitué d'environ 88% d'eau et de 12% de matière sèche contenant des glucides, des protéines, des lipides et des minéraux (Amellal-Chibane, 2008).

### II.4.2. La poudre de lait

L'industrie laitière en Algérie fonctionne essentiellement sur la base de matières premières importées, c'est-à-dire de la poudre de lait et de la matière grasse laitière anhydre. Sur le plan technologique, elle est fondamentalement un « processus de recombinaison » consistant en la réhydratation de poudre de lait à laquelle est associée de la matière grasse (Amellal, 2000).

#### **II.4.3. L'eau**

L'eau est l'une des matières premières de tous les types des produits laitiers reconstitués et recombinaison. Elle doit être potable, de bonne qualité, dépourvue de microorganismes et d'un niveau de dureté acceptable (Gosta, 1995).

#### **II.4.4. Les additifs**

En outre, d'autres composés sont rajoutés au mélange afin d'améliorer les caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles ainsi que la consistance du produit fini. Ces composés comportent du sucre, arômes, épaississants, stabilisants,... (Gosta, 1995).

Dans le cas des yaourts brassés sans matière grasse, des agents de texture (épaississants ou gélifiants) sont souvent ajoutés. Ils améliorent l'apparence, la viscosité et la consistance des yaourts. Les additifs les plus fréquemment utilisés sont : la gélatine, les alginates, les celluloses, les amidons, et les pectines (Amellal-Chibane, 2008).

Les fruits dans les yaourts sont apportés sous forme de préparations de fruits avec ou sans sucres ajoutés. Les agents de texture, incorporés dans la préparation de fruits, participent également à l'amélioration de la texture des yaourts. Les fruits les plus consommés sont les fruits rouges et les fruits exotiques (Vignola, 2002).

### **II.5. Bactéries caractéristiques du yaourt**

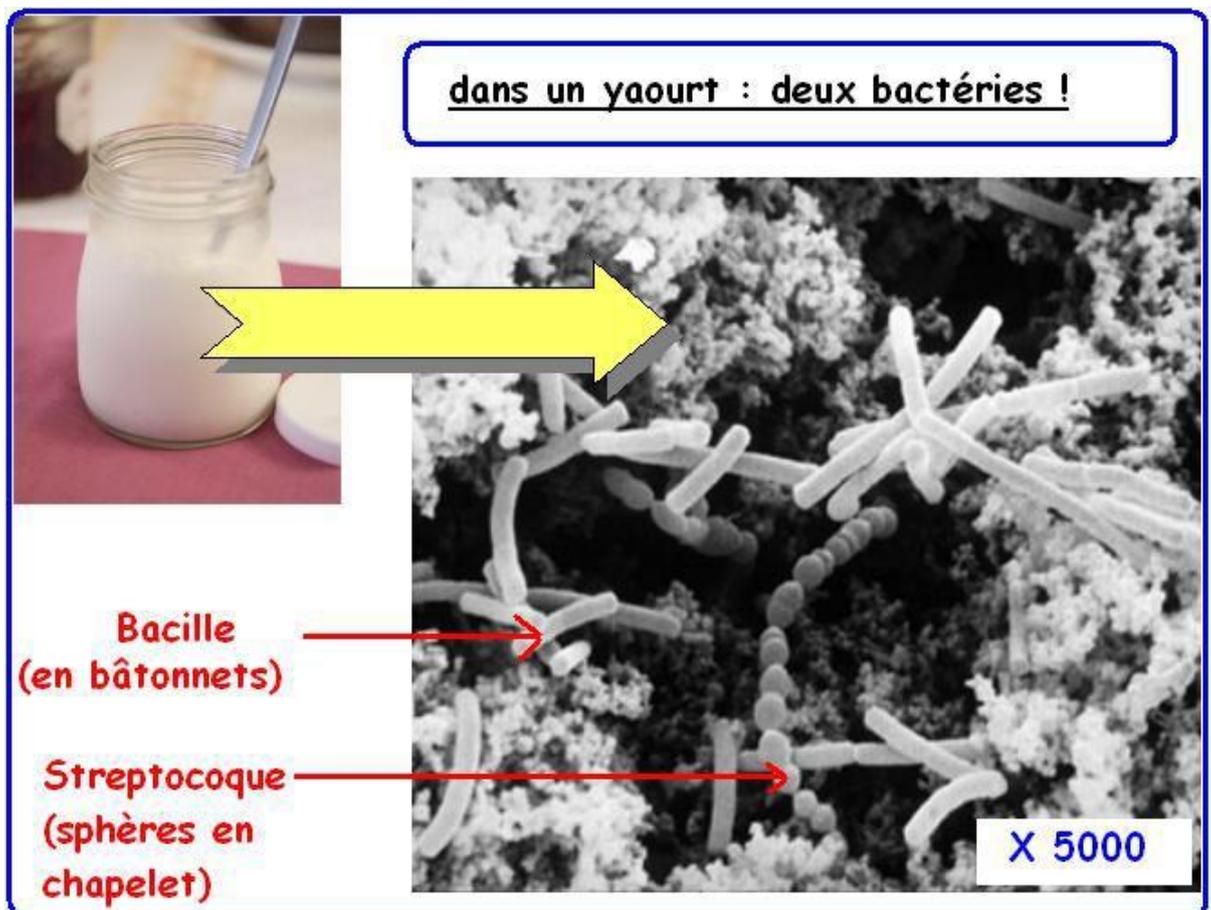
Les deux bactéries utilisées dans la préparation de yaourt, ont pour rôle principale d'abaisser le pH du lait au point isoélectrique de la caséine (pH 4,6) de façon à former un gel. Outre le goût acidulé qu'elles donnent au gel, elles assurent une saveur caractéristique due à la production des composés aromatiques et à la production de polysaccharides (Sodini et Beal, 2012).

#### **II.5.1. *Streptococcus thermophilus***

Le rôle principal de *St. thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique et en plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de sa texture dans les laits fermentés. Elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (Bergamairer, 2002).

#### **II.5.2. *Lactobacillus bulgaricus***

*Lactobacillus bulgaricus* est un bacille Gram+, immobile, asporulé, micro aérophile (Doleyres, 2003) et thermophile. Cette bactérie possède un mécanisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique à partir des hexoses. Sa température optimale de croissance est approximativement 42°C. Elle a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptique et hygiénique du yaourt (Marty-Teyssset et Garel, 2000).

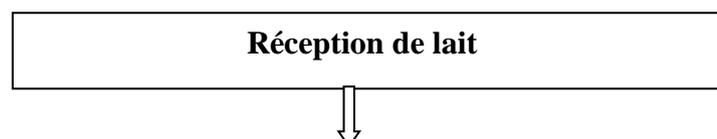


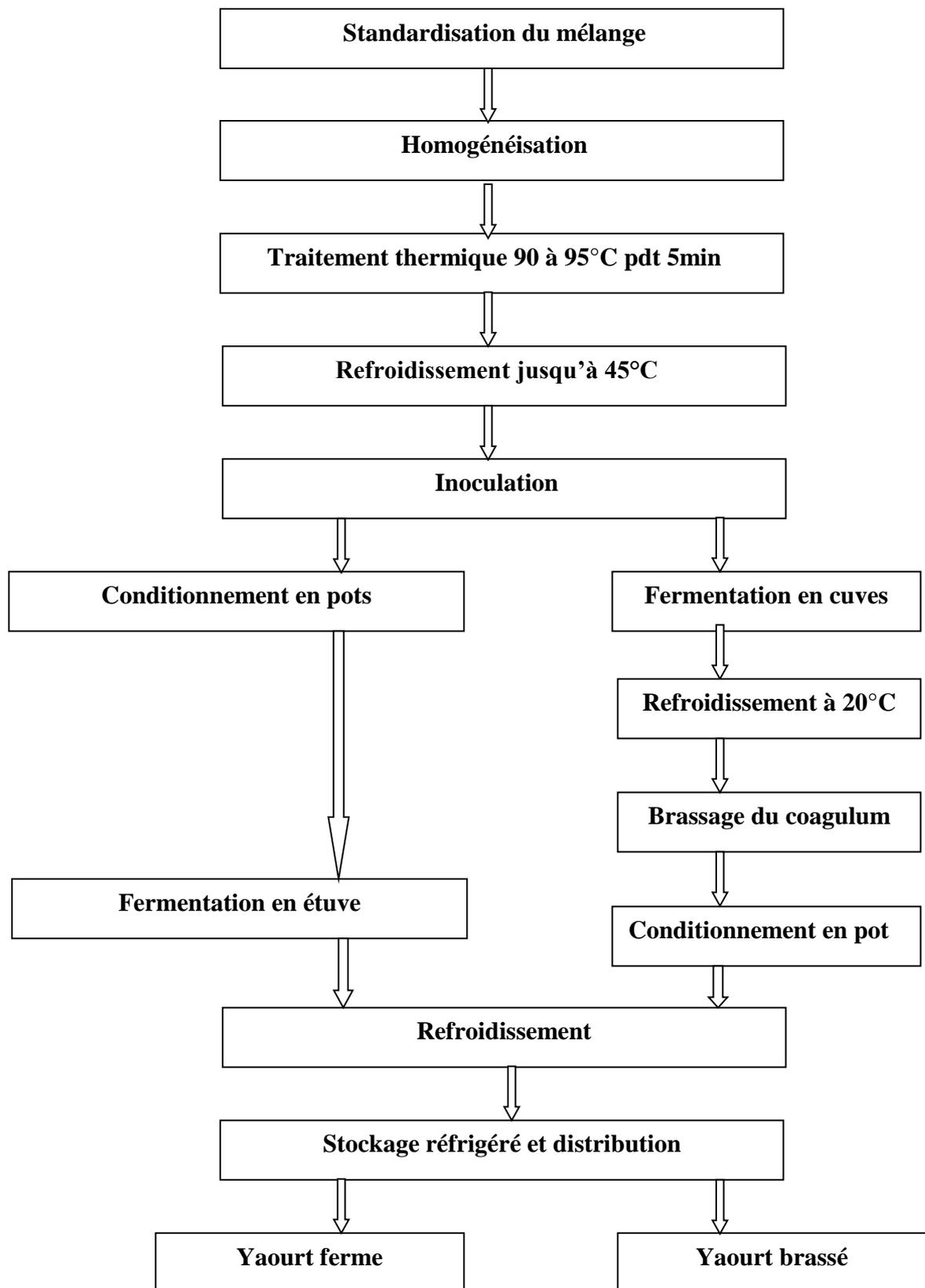
**Figure II.1.** Observation microscopique électronique à balayage (X 5000) des ferments lactiques en association dans un yaourt (Guichard *et al.*, 2012).

## II.6. Processus de fabrication du yaourt

La fabrication du yaourt, même si elle est connue depuis des temps très lointains, demeure un procédé assez complexe et en perpétuelle évolution car, il intègre à chaque fois les connaissances et les progrès réalisés dans des domaines variés.

Le procédé de fabrication diffère d'un type de yaourt à un autre, et les principales étapes sont illustrées dans le diagramme de la figure 2.





**Figure II.2.** Diagramme général de fabrication du yaourt ferme et du yaourt brassé (Beal *et al.*, 2008).

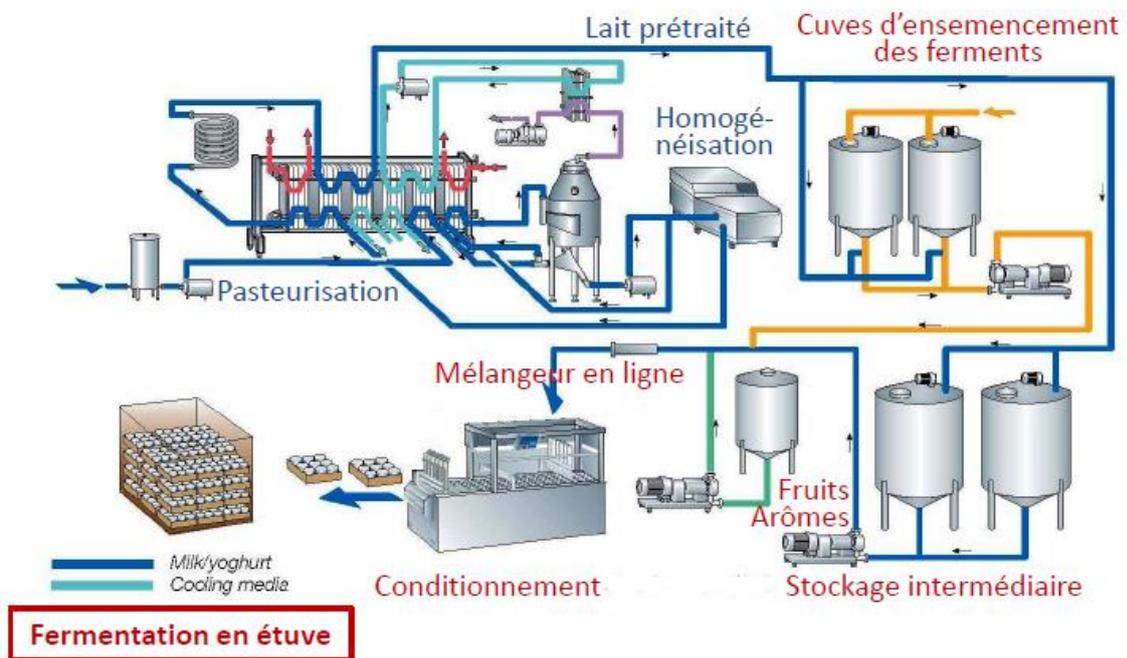


Diagramme de fabrication du yaourt ferme

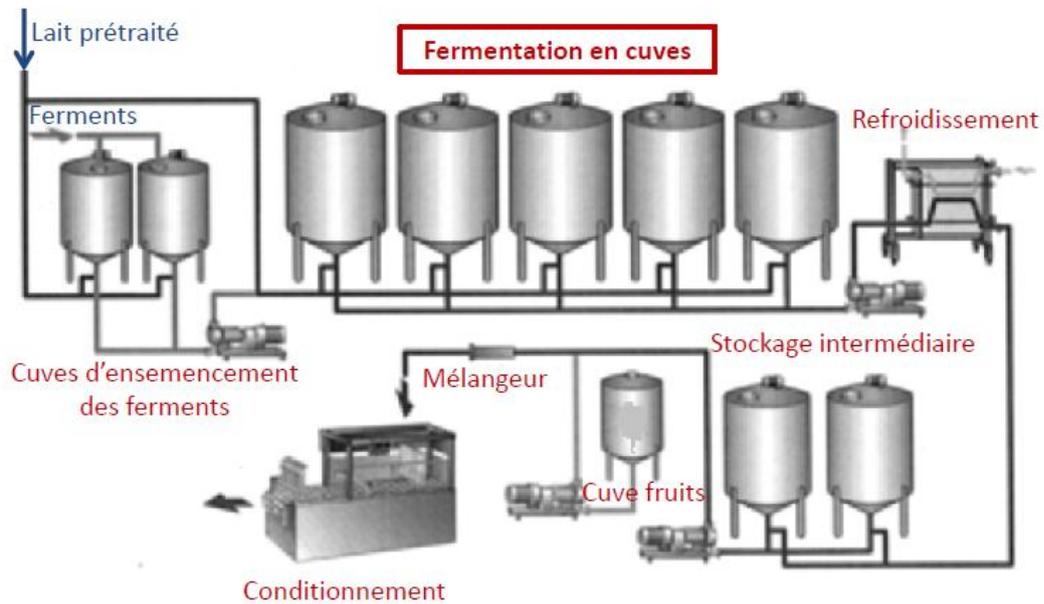


Diagramme de fabrication du yaourt brassé.

**Figure II.3.** Diagramme de fabrication du yaourt brassé et yaourts ferme

a) Réception du lait

Le lait destiné à la production de yaourt doit être d'une qualité bactériologique très élevée. Il doit avoir une faible teneur en bactéries et substances susceptibles d'empêcher le développement du levain du yaourt. Le lait ne doit pas contenir des antibiotiques et des bactériophages (Sodini et Béal, 2012).

Il est primordial de mettre en place dès la réception du lait ou toutes autres matières premières, des méthodes et des procédures rapides et simples permettant de détecter les anomalies et les pertes possibles de contrôle (Amellal-Chibane, 2008).

#### **d) Standardisation**

Pour remédier aux variations naturelles de la composition, le lait est standardisé au taux de matière grasse désiré (écrémage total ou partiel) et peut être enrichi en extrait sec laitier par addition de la poudre de lait ou les protéines laitières ou addition d'autres ingrédients comme le sucre et les arômes. Et ceci, afin de répondre aux spécifications nutritionnelles et organoleptiques du produit (Pernoud *et al.*, 2005) et aussi améliorer la qualité organoleptique du yaourt.

#### **e) Homogénéisation**

L'homogénéisation a principalement des effets sur deux composantes du lait soit, les matières grasses et les protéines :

**Effet sur la matière grasse :** l'homogénéisation réduit la taille des globules gras et empêche la séparation entre le gras et le reste du mélange évitant ainsi la remontée de la crème à la surface durant la fermentation (Lamontagne, 2002).

**Effet sur les protéines :** cette opération augmente également la viscosité du lait et par conséquent, celle du yaourt en lui conférant une meilleure stabilité des protéines et réduisant l'exsudation du sérum lors du stockage.

Enfin, l'homogénéisation confère un aspect plus blanc au produit fini (Pernoud *et al.*, 2005). Pour des raisons hygiéniques et pour éviter une recontamination du lait, l'étape d'homogénéisation est généralement positionnée avant le traitement thermique du mix ou au cours de sa montée en température vers 64°-70°C (Lamontagne, 2002; Sodini et Béal, 2012).

#### **f) Traitement thermique**

Une fois la préparation du lait terminée, celui-ci est soumise à un traitement thermique de pasteurisation (90°C à 95°C pendant 3 à 5 min). Ce traitement permet de :

Créer des conditions favorables au développement des bactéries lactiques, Détruire les bactéries pathogènes et indésirables, et inactiver les inhibiteurs de croissance (Paci kora, 2004 ; Jeantet *et al.*, 2008).

Le traitement thermique a également un effet sur la conformation tridimensionnelle des protéines, induisant la modification de leurs propriétés fonctionnelles. Il dénature la majorité des protéines du lactosérum (85%) qui se fixent ainsi sur les molécules de caséines. En fin, il modifie les équilibres salins, en entraînant une augmentation de la taille des micelles de caséines, de leur stabilité et de la qualité de l'eau liée (Mahaut *et al.*, 2000).

#### **g) Fermentation lactique**

Le lait, enrichi et traité thermiquement, est refroidi à la température de fermentation 40-45°C. Cette température correspond à l'optimum de développement symbiotique des bactéries lactiques (Loones, 1994). Leur inoculation se fait à un taux assez élevé, variant de 1 à 7%, pour un ensemencement indirect à partir d'un levain avec un ratio *Streptococcus thermophilus/ Lactobacillus bulgaricus* de 1,2 à 2 pour les yaourts naturels, et pouvant atteindre 10 pour les yaourts aux fruits ( Mahaut *et al.*, 2000).

L'ensemencement direct à partir de bactéries lactiques concentrées congelées se fait à des taux de l'ordre de 0,03%. Une bonne agitation est nécessaire pour rendre parfaitement homogène le mélange lait/ferment.

Le lait ainsiensemencé est amené à une température généralement voisine de 45°C par un 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 aromatique. Les caractères recherchés dépendent des souches utilisées et de la température d'incubation. L'abaissement de celle-ci de 1 à 3°C (42-44°C), favorise le développement du streptocoque et donc la production d'arômes. L'augmentation légère (45-46°C), favorise le lactobacille donc la production d'acides (Enkelejda, 2004).

#### **h) Conditionnement et stockage**

L'ajout éventuel des fruits intervient avant le conditionnement. Enfin, les yaourts, conditionnés dans des pots en verre ou en plastique, sont stockés en chambre froide à 4°C. A ce stade, ils sont prêts à être consommés. La durée limite de leur consommation est de 28 jours (Paci kora, 2004; Luquet et Carrieu, 2005 ).

Pendant le stockage, les bactéries lactiques maintiennent une activité réduite. Cette évolution, appelée post-acidification, se traduit par une légère baisse du pH, surtout pendant les 2 premiers jours de stockage (Amellal-Chibane, 2008).

## **II.7. Caractérisation du yaourt**

### ***II.7.1. Paramètres physico-chimiques***

#### **II.7.1.1. pH et taux d'acide lactique**

La Fédération Internationale du Lait (F.I.L), préconise une teneur de 0,7% d'acide lactique. Cette valeur est respectée dans certains pays avec une variabilité allant de 0,6 à 1,5%. Certaines normes imposent un pH inférieur à 4,5 ou 4,6 (Luquet et Carrieu, 2005).

La réglementation Algérienne exige que, lors de la mise en consommation, la quantité d'acide lactique libre contenu dans le yaourt ne doit pas être inférieure à 0,8g pour 100g de produit. Selon l'article (02) de l'arrêté interministériel du 07 Octobre 1998, qui apprécie les spécifications techniques des yaourts (JORA, n° 86).

#### ***II.7.1.2. Taux de matière grasse (MG)***

Il doit être au minimum inférieur à 3% (m/m) dans le cas des yaourts (nature, sucré ou aromatisé), compris entre 0,5 et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémés et 0,5% dans les yaourts écrémés (Ozer *et al.*, 1998).

#### **II.7.1.3 Extrait sec total (EST)**

La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après dessiccation complète de l'échantillon. Elle est exprimée en pourcentage ou en g/l (Nongonierma *et al.*, 2006).

### **II.7.2. Paramètres microbiologiques**

Selon la norme nationale de 1998 ; n°35 parue au journal officiel, les yaourts ne doivent contenir aucun germe pathogène.

Le traitement thermique appliqué sur le lait avant la fabrication du yaourt est suffisant pour détruire les microorganismes non sporulés pathogènes ou non. Leur présence dans le yaourt ne peut être que de manière accidentelle, le pH acide du yaourt le rend hostile aux germes indésirables.

Les critères microbiologiques sont illustrés dans le tableau ci-après.

**Tableau II.2.** Critères microbiologiques du yaourt (J.O.R.A, 1998).

Yaourt	N	C	M
Coliformes totaux	5	2	10
Coliformes fécaux	5	2	1
<i>St.aureus</i>	5	2	10
Levures	5	2	$\leq 10^2$
Moisissures	5	0	Absence
<i>Salmonella</i>	5	0	Absence

**N** : Nombre d'unités composant l'échantillon. **C** : Nombre d'unités de l'échantillon donnant des valeurs situées entre m et M. **m**: Le seuil au-dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante. **M**: Seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants, sans pour autant que le produit soit considéré comme toxique.  $M = 10m$  : lors du dénombrement effectué en milieu solide.  $M = 30m$  : lors du dénombrement effectué en milieu liquides.

## II.8. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques

Les produits laitiers fermentés sont largement consommés et présentent des caractéristiques nutritionnelles et probiotiques bien spécifiques (Serra *et al.*, 2009 ; Sodini et Béal, 2012).

### II.8.1. Intérêts nutritionnels

Un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait (Jeantet *et al.*, 2008).

Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications, dont certaines font que le produit soit de meilleure valeur nutritionnelle et thérapeutique (Serra *et al.*, 2009 ; Sodini et Beal, 2012) à savoir :

#### ❖ Amélioration de l'absorption du lactose

La présence des bactéries vivantes dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase (Jeantet *et al.*, 2008).

#### ❖ Amélioration de la digestibilité de la matière grasse

Bien que l'activité lipolytique soit faible, une augmentation significative en acides gras libres dans un yaourt est constatée (Jeantet *et al.*, 2008).

#### ❖ **Amélioration de la digestibilité des protéines**

Le yaourt est deux fois plus digeste que le lait et contient deux fois plus d'acides aminés libres. Cette propriété résulte du traitement thermique et de l'activité protéolytique des bactéries (Jeantet *et al.*, 2008).

### **II.8.2. Effets thérapeutiques**

#### ❖ **L'activité anti microbienne**

Le yaourt joue un rôle important dans la prévention contre les infections gastro-intestinales, son intérêt dans le traitement contre les diarrhées infantiles, a été démontré par (Lucas *et al.*, 2004). Les bactéries du yaourt produisent des substances antimicrobiennes et des probiotiques (Jeantet *et al.*, 2008). Leur pouvoir antagoniste résulte aussi de la production du peroxyde d'hydrogène et de bactériocines, limitant la croissance de certains germes pathogènes (Tabak et Bensoltane, 2011).

#### ❖ **Activité anti carcinogène**

Les bactéries modifient les enzymes bactériennes à l'origine de carcinogène (indicateur de cancer) dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation des substances précancéreuses (Jeantet *et al.*, 2008).

#### ❖ **Activité anti-cholestérolémiant**

La consommation de yaourt permet de prévenir les maladies coronariennes et serait plus efficace que le lait, pour maintenir une cholestérolémie basse (Jeantet *et al.*, 2008).

#### ❖ **Stimulation de système immunitaire**

Le yaourt a un effet immunitaire régulateur, qui permet d'augmenter la production d'interférons et d'immunoglobulines et d'exciter l'activité des lymphocytes B. Cet effet est attribué à *Lactobacillus bulgaricus* (Jeantet *et al.*, 2008).

#### ❖ **Action sur les vitamines**

Certaines vitamines sont utilisées par les bactéries lactiques (vitamine B12), d'autres en sont produites (Acide folique) (Martin, 2004).

## **Chapitre III : Matériel et méthodes**

Cette étude a été réalisée au laboratoire de la laiterie Ramdy (Béjaia) (annexen°1).

### **III.1. Matériel biologique**

Notre étude est réalisée sur une variété de la betterave rouge (*Beta vulgaris* L.) achetée à la wilaya de Bouira au mois d'octobre 2016.

Les échantillons (la betterave rouge) sont nettoyés manuellement pour éliminer les impuretés et les betteraves altérées, puis pelés. La pelure obtenue est séchée à l'air libre à l'abri de la lumière, broyée et tamisée. La poudre ainsi obtenue est conditionnée dans un récipient en verre et conservée à l'abri de la lumière.

#### **III.1.2. Lait utilisé pour la fabrication des yaourts**

Le lait utilisé est un lait de vache en poudre de marque Loya (annexe n°2).

#### **III.1.3. Les ferments lactiques utilisés**

Les ferments lactiques utilisés sont *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. (annexe n°3).

❖ Matériel non biologique utilisé en expérimentation (annexe n°4).

## **III.2. Caractérisation physico-chimique de la poudre de pelure de betterave**

### **III.2.1. pH**

La poudre de pelure de betterave est mélangée avec de l'eau distillée à raison de 10% en appliquant la méthode **AOAC (1998)**. Le pH de la solution obtenue est mesurée à 25°C directement par le pH mètre (Hanna Instruments HI 2210).

### **III.2.2. Taux de solides solubles (TSS) (ISO 2173)**

Le taux de solides solubles (T.S.S%) exprimé également en degré °Brix est déterminé à l'aide du réfractomètre (Hanna HI 96801).

### **Expression des résultats**

La teneur en solides solubles est obtenue par la multiplication de la valeur lue directement sur l'échelle du réfractomètre par le facteur de dilution (Audigié *et al.*, 1978).

$$\text{TSS (\%)} = \text{degré Brix} \times \text{facteur de dilution}$$

### **III.2.3. L'acidité titrable**

L'acidité titrable est déterminée par titration des acides avec une base selon la méthode ISO 750 (1998) qui consiste à ajouter de la soude (0,1N) à la solution 10% de l'échantillon jusqu'à pH  $8,2 \pm 0,2$ . Les résultats sont exprimés en gramme d'acide oxalique / 100g de matière sèche en utilisant la formule suivante :

$$\text{Acidité titrable} = \frac{([C] * V * 0,45) * 100}{P}$$

Acidité titrable : exprimée en gramme d'acide oxalique par 100g MS.

[C] : concentration de la solution de la soude (0,01N).

V : volume (ml) de la soude ajoutée pour atteindre le pH de 8,3.

P : poids de la prise d'essai utilisée pour le test.

0,45 : facteur conventionnel établi pour l'acide oxalique.

#### **III.2.4. Détermination de l'extrait sec total (NF V 04-206)**

##### **Principe**

Le principe de la détermination de l'extrait sec total repose sur la dessiccation par dessiccateur (Sarorius MA 35) à 105°C pendant 15 min.

##### **Mode opératoire**

Une pesée de 2 grammes de la poudre de pelure de betterave est étalée sur la surface de la coupelle tout en respectant la symétrie de l'étalement.

##### **Expression des résultats**

A la fin de l'analyse, le résultat sera affiché directement sur l'appareil et exprimé en %

#### **III.2.5. Détermination du taux des cendres (AOAC, 1997)**

##### **✓ Principe**

Les cendres représentent le résidu de composés minéraux qui reste après l'incinération d'un échantillon.

##### **Mode opératoire**

L'incinération a été conduite dans un four à moufle (WiseTherm, Allemagne) réglé à une température de 550°C pendant 6h. Le résultat est exprimé en gramme de cendres par 100 g de l'échantillon.

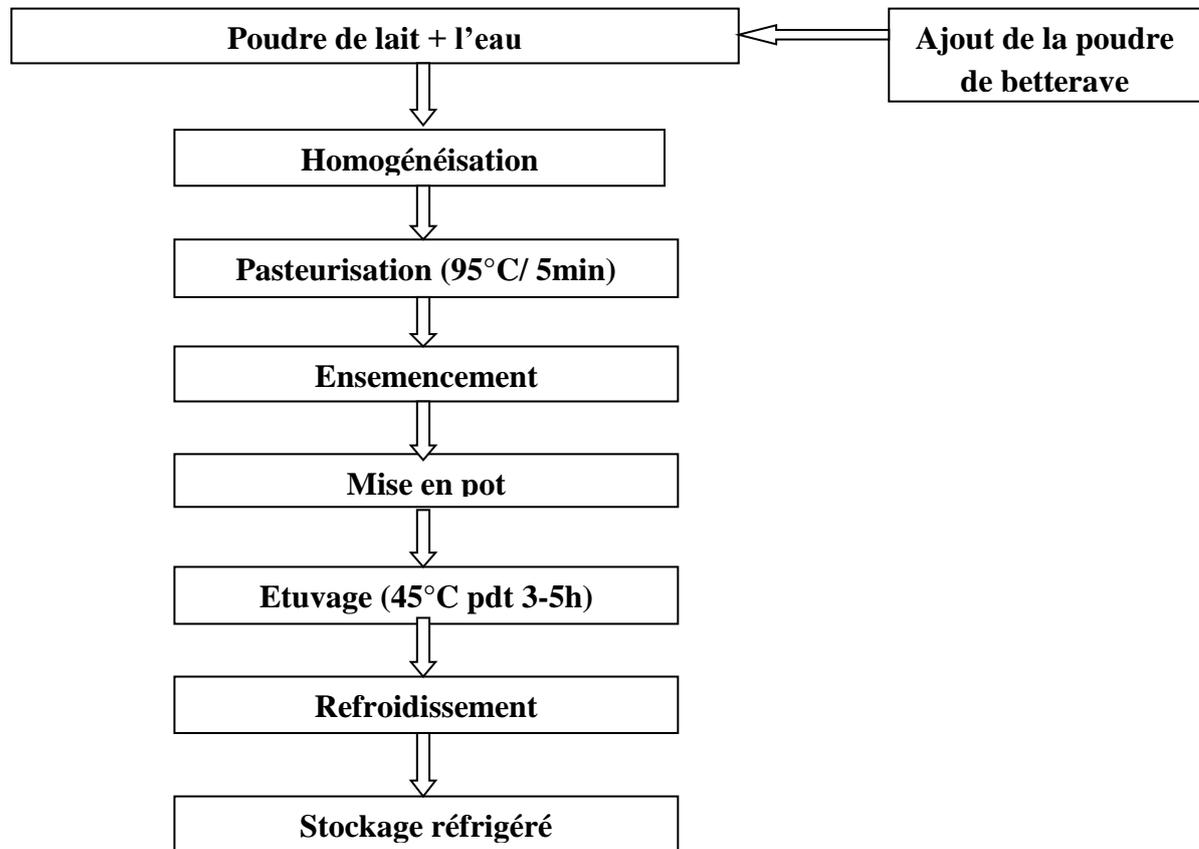
### **III.3. Formulation et caractérisation physico-chimique des yaourts**

#### **III.3.1. Fabrication des yaourts**

La préparation des yaourts a été réalisée au laboratoire de la laiterie Ramdy à Akbou (Bejaia) en respectant le diagramme de fabrication d'un yaourt standard avec l'ajout de la poudre de pelure de betterave rouge.

### ✓ Procédé de fabrication

Cette figure résume les étapes essentielles du procédé de fabrication d'un yaourt nature et d'un yaourt à base de la poudre de betterave rouge lors de la formulation :



**Figure. III.1.** Diagramme de fabrication du yaourt à base de la poudre de pelure de betterave.

### ✓ Composition

Les différentes recettes de yaourts formulés sont présentées dans le tableau III.1.

**Tableau III.1.** Les différentes recettes de yaourts formulés.

Recette	Lait en poudre g/100mL	Poudre pelure de betterave (g)	L'eau (mL)	Sucre g/100mL	Ferments lactiques 7g/100ml
YN	13.7	0	100	0	7
YB2	13.7	2	100	0	7
YB4	13.7	4	100	0	7
YB8	13.7	8	100	0	7
YB12	13.7	12	100	0	7

YN : Yaourt nature ; YB : Yaourt additionnée de la poudre de pelure de betterave

### **III.3.2. Caractérisation physico-chimique des yaourts**

Les analyses physico-chimiques (pH, acidité, extrait sec et matière grasse) et microbiologiques ont été réalisées au laboratoire de la laiterie Ramdy (Béjaia).

Le contrôle physico-chimique du yaourt a pour objectif de garantir une meilleure stabilité et une constance de ses caractéristiques organoleptiques.

#### **III.3.2.1. Mesure du pH (NF V 05-108, 1970)**

Après étalonnage dans des solutions tampons (pH 7 et pH 4,01), l'électrode du pH-mètre est plongée dans le yaourt contenu dans un bécher. La valeur du pH est obtenue par simple lecture sur l'écran du pH-mètre.

#### **III.3.2.2. Détermination de l'acidité titrable (NF V04-369,1994)**

L'échantillon est amené à une température de 20-25°C puis mélangé, 10g de l'échantillon sont placés dans un bécher de 50 ml additionné de 10 ml d'eau distillée puis mélangé. Le mélange est ainsi titré avec du NaOH à 0,1N jusqu'au pH 8,30. Le volume de NaOH ainsi obtenu est noté en ml puis les résultats sont exprimés selon le calcul suivant :

$$\text{Acidité titrable (g/l)} = (V \times 0,9) / m$$

V : volume en ml de NaOH (0,1N).

m : masse de la prise d'essai en g.

0,9 : facteur de conversion pour l'acide lactique.

Le degré Dornic (°D) correspond à 0.01g d'acide lactique par litre de produit.

#### **III.3.2.3. Détermination de l'extrait sec total (NF V 04-206)**

##### **Principe**

Le principe de la détermination de l'extrait sec total repose sur la dessiccation par dessiccateur (Sarorius MA 35) à 105°C pendant 15 min pour les produits semi-finis et 10 min pour les produits finis.

##### **Mode opératoire**

Après avoir bien mélangé le yaourt, 2 grammes de ce dernier sont pesés et étalés sur la surface de la coupelle tout en respectant la symétrie de l'étalement.

##### **Expression des résultats**

A la fin de l'analyse, le résultat sera affiché directement sur l'appareil et exprimé en pourcentage.

### **III.3.2.4 Détermination de la matière grasse (NF V 04-210)**

#### **Principe**

Les protéines sont dégradées par l'acide sulfurique et la chaleur produite fait fondre la matière grasse. L'alcool iso-amylique aide à la séparation de la matière grasse de la phase aqueuse par centrifugation.

#### **Appareillage**

- ✓ Butyromètre à lait muni d'un bouchon approprié.
- ✓ Pipette à lait de 11 ml.
- ✓ Mesureur à acide sulfurique (délivrant 10ml) ou pipette de sûreté de 10ml.
- ✓ Bain d'eau à 65-70°C pour les butyromètres.
- ✓ Centrifugeuse électrique (Garber Centrifuge Nova Safety) pour les butyromètres.

#### **Mode opératoire**

Dans le butyromètre, on introduit 10 ml d'acide sulfurique auquel on ajoute 11ml du produit homogénéisé. On ajoute 1 ml d'alcool iso-amylique sans mouiller le col du butyromètre et en évitant de mélanger les liquides.

Après avoir fermé le butyromètre, on l'agite avec précaution mais énergiquement et rapidement jusqu'à la disparition des grumeaux.

Après avoir soigneusement agité le butyromètre, on le retourne et on le place pour être centrifugé pendant 10mn à 1000 tours/min à une température de 65°C+2°C.

#### **Expression des résultats**

La lecture doit s'effectuer rapidement en lisant les graduations correspondant au niveau de la colonne lipidique. Le résultat = B-A avec :

B : graduation correspondant au niveau supérieur de la colonne lipidique.

A : graduation correspondant au niveau inférieur de la colonne lipidique.

### **III.3.2.5 Synérèse**

Les échantillons de yaourt préparé sont placés dans des pots de 100ml et stockés à 4 °C. Le volume de sérum séparé à la surface d'un yaourt est déterminé après 15 jours de stockage (Koksoy et Kilic, 2004)

### **III.3.2.6 L'analyse de la texture**

La texture est mesurée sur le produit fini 24 heures après formulation (Luquet et Carrieu, 2005). Elle est réalisée par pénétrométrie (surtout dans le cas des yaourts fermes).

Les tests sont réalisés avec un analyseur de texture TA plus (LLYOD Instruments) (figure III.2). Le mobile utilisé est de forme cylindrique avec une base plate de 12.7 mm de diamètre se déplaçant à une vitesse de 1 mm/s (Fizman *et al.*, 1999).

La prise en masse lors de la fermentation du yaourt formulé entraîne la formation d'un gel dont la résistance est mesurée à partir du déplacement de ce mobile, lequel pénètre dans le pot de yaourt sans l'agiter à différentes distances (de 1mm jusqu'à 22mm).

Les paramètres suivants sont mesurés :

- ✓ La force du gel ou de rupture qui permet d'évaluer la consistance du gel (fermeté du gel).
- ✓ La distance de rupture indiquant la rigidité du gel.
- ✓ La force à une distance de pénétration donnée (15mm en général) (Luquet et Carrieu, 2005).

L'analyse de pénétration est répétée trois fois pour chaque distance et pour chaque yaourt.



**Figure III.2.** Texturomètre TA (originale).

### **III.3.2.7 Détermination du taux des cendres (AOAC, 1997)**

#### **✓ Principe**

Les cendres représentent le résidu de composés minéraux qui reste après l'incinération d'un échantillon.

#### **✓ Mode opératoire**

L'incinération a été conduite dans un four à moufle (WiseTherm, Allemagne) réglé à une température de 550°C pendant 6h. Le résultat est exprimé en gramme de cendres par 100 g de l'échantillon.

### **III.3.2.8 Extraction phénolique**

1,0 g du matériel (poudre de la pelure de betterave rouge et le yaourt) a été mélangé avec 20 ml d'éthanol, le tout a été laissé sous agitation pendant 24 h. Après filtration (filtre Whatman N° 01) et évaporation du solvant (40°C), la fraction phénolique a été récupérée dans 10 mL de méthanol et conservée à 4°C pour les autres essais.

### **III.3.2.9 Dosage des polyphénols totaux**

La teneur en phénols totaux des extraits a été déterminée par la méthode de Singleton *et al.*, (1999) utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu.

Un volume de 200 µl de la solution de l'extrait (2 mg/ml) a été mélangé avec 1 ml du réactif de Folin-Ciocalteu 10 fois dilué, après agitation, et juste avant 8 min, un volume de 800 µl de la solution aqueuse de carbonate de sodium (**75 g/l**) a été ajouté. Après agitation et incubation à T° ambiante pendant 1 h, l'absorbance est mesurée à 765 nm en utilisant un spectrophotomètre.

Une courbe d'étalonnage par l'acide gallique a été préparée et la teneur en polyphénols totaux est exprimée en mg équivalent d'acide gallique (EAG) par 100 g (annexe n°5).

### **III.3.2.10 Estimation de la capacité de piégeage du radical libre du DPPH\***

L'exploration de l'activité antioxydante a été effectuée par la méthode basée sur la capacité de piégeage du radical libre DPPH\* (2,2-diphényl-1-picrylhydrazil). Le test de DPPH\* a été réalisé suivant la méthode décrite par Brand-Williams *et al.*, (1995).

Un volume de 100 µl de la solution méthanoïque des extraits dilués (2 mg/ml) a été mélangé avec 3,9 ml de la solution méthanoïque du DPPH\* (30 mg/L) fraîchement préparée. L'échantillon blanc a été préparé, en ajoutant 100 µl de méthanol au lieu de l'extrait. Après 30 min, le changement de la couleur a été mesuré à 517 nm dans un spectrophotomètre.

L'activité anti-radicalaire est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Activité anti-radicalaire}\% = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100$$

**A<sub>0</sub>** : Absorbance de l'échantillon blanc ;

**A<sub>1</sub>** : Absorbance de l'échantillon d'essai.

### III.3.2.11 Indice de couleur

Les paramètres de couleur de deux yaourts : *a\** (vert au rouge), *b\** (bleu au jaune), *L\** (noir au blanc) sont mesurés en utilisant un colorimètre portable de laboratoire (type Cielab Korica Minolta CR10 (figure III.3). Avant mesure, l'instrument est étalonné par des standards sous forme de plaques circulaires (noir et blanc). Les échantillons de deux yaourts sont étendus sur la plaque circulaire (en verre) de l'échantillon et leurs indices de couleur sont déterminés (Abbasi et Azari, 2007).



**Figure III.3.** Colorimètre de laboratoire type Cielab Korica Minolta CR10 (Originale).

### III.3.3 L'analyse sensorielle (Test de dégustation) (Amellal, 2008)

#### III.3.3.1 Règles générales de la conduite de la dégustation

- ✓ Le nombre de dégustateurs est de 4 à 10.
- ✓ Chaque étape de dégustation prend une minute.
- ✓ L'analyse s'effectue à une température ambiante.
- ✓ Les bocal utilisés sont sombres.

#### III.3.3.2 Traitement statistique des résultats

Dans l'analyse organoleptique, on utilise des échelles métriques et des rangs.

##### a) L'échelle métrique

Les échelles de notes métriques ont des divisions de 5 à 10 (critère de diapason de variation de qualité, il facilite la mémorisation des échantillons). C'est l'échelle de cinq points qui est utilisée :

- ✓ 1 point : produit non standard, impropre à la consommation.
- ✓ 2 point : produit de qualité insatisfaisante mais d'utilisation possible.
- ✓ 3 point : produit de qualité satisfaisante.
- ✓ 4 point : produit de bonne qualité.
- ✓ 5 point : produit de qualité excellente.

##### b) L'échelle de rang

Les échelles de rang permettent seulement d'ordonner des objets à analyser. Le chiffre de cette échelle correspond non pas au niveau de qualité, mais au numéro que l'objet occupe dans la série mise en ordre : les points sont par conséquent transformés en rangs en leur attribuant des numéros d'ordre.

##### c) Transformation des notes en rangs

- ✓ **Première étape :** trouver la somme des rangs horizontalement et verticalement.
- ✓ **Deuxième étape :** trouver la somme des sommes des rangs.
- ✓ **Troisième étape :** comparer la somme des rangs avec les valeurs critiques (annexe n°6).

-Si la somme obtenue pour l'échantillon est en dehors des limites des valeurs critiques [a,b], la qualité de l'échantillon est reconnue différente de la qualité des autres échantillons.

-Si la somme est inférieure à la limite [a, l'échantillon est reconnu comme le meilleur.

-Si la somme est supérieure à la limite b], l'échantillon est rejeté.

Les sommes des rangs peuvent être vérifiées comme suit :

$$R = n(n+1)/2$$

$$\sum R = M.n(n+1)/2$$

R : Somme des rangs pour chaque dégustateur.

n : nombre d'échantillon.

M : nombre de dégustateurs.

$\sum R$  : Somme des sommes des rangs.

### III.3.4. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont pour but d'assurer que les yaourts préparés présentent une qualité hygiénique et commerciale adéquate.

Le tableau III.2 présente l'ensemble des germes dénombrés

La description des germe recherche présenté dans (l'annexes 7)

**Tableau III.2.** Les différents germes recherchés et dénombrés (JORA , 1998)

<b>Germes recherchés</b>	<b>Milieu De culture</b>	<b>T° d'incubation</b>	<b>Durée d'incubation</b>
<b>Coliformes totaux</b>	<b>VRBL</b>	<b>30°C</b>	<b>24h</b>
<b>Coliformes fécaux</b>	<b>VRBL</b>	<b>44°C</b>	<b>24h</b>
<b>Levures et moisissures</b>	<b>Sabouraud</b>	<b>25°C</b>	<b>5 jours</b>
<b><i>Lactobacillus bulgaricus</i></b>	<b>MRS</b>	<b>37°C</b>	<b>72h</b>
<b><i>Streptococcus thermophilus</i></b>	<b>M17</b>	<b>37°C</b>	<b>48h</b>
<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	<b>BP</b>	<b>37°C</b>	<b>24 à 48 h</b>

## Chapitre IV : Résultats et discussion

### IV.1. Caractérisation physico-chimique de la poudre de betterave

Les résultats de l'analyse physicochimique (pH, Brix, Acidité, Extrait sec, cendres) de la poudre de pelure de betterave sont représentés dans tableau IV.1.

**Tableau IV.1.** Résultats de l'analyse physico-chimique de la poudre de betterave.

Test	Résultat
Brix (°brix)	<b>75.6 ± 0,00</b>
Acidité (g/100ml)	<b>0.55±0.68</b>
pH	<b>6,17 ±0,01</b>
Extrait sec %	<b>95.99±0,030</b>
Cendres %	<b>10,54±0,18</b>
Polyphénol totaux (mg EAG/100g)	<b>253,62±18,46</b>

#### IV.1.1. Brix

La moyenne de l'extrait sec soluble de la solution de la poudre de betterave analysée est de 75,6 °Brix (Tableau IV.1). Cette valeur est comparable à celle des dattes, qui est entre 71° et 79° selon la variété (Belguedj, 2014). Ce qui démontre que la solution de la poudre de betterave est riche en sucres, ainsi elle peut être considérée comme un légume très énergétique (Bavec *et al.*, 2010).

#### IV.1.2. Acidité

L'acidité titrable moyenne de la solution de la poudre de betterave analysée est de 0,55±0,068g/100ml (Tableau IV.1). Notre résultat s'accorde avec celui de Wruss *et al.*, (2015) qui ont cité des valeurs entre 0,40% et 0,60% pour les jus de betterave. On note que la poudre de betterave présente une acidité presque identique à celle de la banane (0,56%) mais elle reste faible par rapport à celle des fruits : l'orange (1,13%), la fraise (1,05%), l'abricot. (1,40%), le kiwi (1,49%) et la pomme (0,77%) (Souci *et al.*, 1994).

### **IV.1.3. pH**

La valeur de pH de la poudre de pelure de betterave est de 6,17. Cette valeur est en accord avec celle citée par Marszałek *et al.*, (2016) qui est de 6,10 pour le jus de betterave. La poudre de pelure de la betterave est classée dans la catégorie des denrées alimentaires faiblement acide (pH > 4,5), ce qui lui confère l'aptitude à subir des traitements thermiques à haute température (dépassant 115°C) pour la valorisation industrielle (Saenz et Sepulveda, 2001).

### **IV.1.4. Extrait sec**

Extrait sec de la poudre de pelure de la betterave est de 95,99%. Cette valeur indique que la pelure contient une faible humidité résiduelle. En outre, la faible teneur en eau freine certaines réactions de dégradation microbiennes et/ou des activités biochimiques (Lozach, 2001), ce qui favorise sa conservation et son stockage.

### **IV.1.5. Cendres**

Le taux de cendres est une indication de la teneur en minéraux. On constate que la poudre de pelure de betterave possède une teneur très élevée en cendres (10,58%). Le taux élevé en cendres est dû à la richesse de la poudre en minéraux (Jurgen *et al.*, 2015).

### **IV.1.6. Teneur en Polyphénols totaux**

La moyenne de la teneur en polyphénols totaux est de 253,62 mg EAG/100g pour la pelure de betterave. Cette valeur est inférieure avec celle citée par Rairós, *et al.*, (2016), qui ont mentionné des valeurs entre 279,4 et 399,6mg EAG/100g pour plusieurs variétés de la betterave.

## **IV.2. Caractérisation des yaourts**

### **IV.2.1. Analyse physico-chimique**

Les résultats de l'analyse physico-chimique des yaourts fabriqués (yaourt nature YN, yaourt à base de 2g de betterave YB2, 4g YB4, 8g YB8, et 12g YB12) sont représentés dans le tableau IV.2.

**Tableau IV.2.** Les résultats de l'analyse physico-chimique des yaourts fabriqués.

Paramètre Yaourt	pH		Acidité °D		Matière grasse g/100g	Extrait sec %
	Avant fermentation	Après fermentation	Avant fermentation	Après fermentation		
Yaourt nature	6,59 ± 0,01	4,48 ± 0,02	17,33 ± 0,577	85,8 ± 0,519	2,83 ± 0,057	12,33 ± 0,233
Yaourt à 2g de betterave	6,35 ± 0,015	4,52 ± 0,025	22 ± 2	79,2 ± 0,9	2,13 ± 0,057	14,42 ± 0,253
Yaourt à 4g de betterave	6,33 ± 0,005	4,51 ± 0,015	25,66 ± 0,577	80,43 ± 0,550	2,03 ± 0,057	15,30 ± 0,357
Yaourt à 8g de betterave	6,34 ± 0,02	4,47 ± 0,079	30,33 ± 0,577	84,43 ± 0,945	1,96 ± 0,057	17,47 ± 0,318
Yaourt à 12g de betterave	6,36 ± 0,1	4,38 ± 0,1	35 ± 1	84,6 ± 0,9	1,93 ± 0,057	19,78 ± 0,440

#### IV.2.1.1. pH

Avant fermentation, les valeurs de pH des yaourts analysés sont proches, le pH du yaourt à base de la poudre de pelure de betterave est légèrement inférieur à celui du yaourt nature. Ces résultats sont comparables à ceux cités par Trigueros *et al.*, (2011) qui ont trouvé des valeurs de pH entre 6,40 et 6,30 pour les yaourts à base de l'eau de blanchiment des dattes. Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par Zare *et al.*, (2011) ayant mentionné des valeurs comprises entre 6,50 et 6,70 dans des yaourts additionnés de farine de lentilles avant fermentation. Cette différence est due probablement à l'enrichissement du yaourt par la poudre de pelure de betterave qui contient une gamme importante d'acides organiques. Holmes et Assimos, 2004; Weaver *et al.*, 2006 ont cités que la betterave rouge contient des acides organique comme l'acide oxalique et les acides phénoliques.

Après fermentation, les valeurs du pH des produits analysés sont presque identiques et comprises entre 4,38 et 4,52. Ces résultats s'accordent bien avec ceux présentés par Jimoh et Kolapo (2007) qui varient entre 3,39 et 5,68. Nos valeurs sont similaires à celles signalées

(4,44 et 4,82) par Amellal *et al.*, (2012) pour des yaourts enrichis de poudre d'écorces de grenade. Par ailleurs, nos valeurs sont supérieures à celles mentionnés par Sanful (2009) pour des yaourts enrichis de noix de coco avec des valeurs de 4,20 et 4,40.

#### **IV.2.1.2. Acidité**

Avant fermentation, des valeurs élevées de l'acidité titrable (22°D - 35D°) ont été enregistrées pour le yaourt enrichi avec la poudre de pelure de betterave. Cela peut être due à la richesse de cette dernière en acides organiques (l'acide oxalique et les acides phénoliques) ( Salovaara *et al.*, 2002 ; Holmes et Assimos, 2004).

Après fermentation, les valeurs de l'acidité titrable pour le yaourt nature et le yaourt à base de la poudre de pelure de betterave YB2, YB4, YB8, YB12 sont respectivement de 85,8-79,9 - 80,43 - 84,43 - 84,6°D. Ces valeurs sont conformes à la norme recommandée par le JORA (1998) et la FIL qui préconisent respectivement des teneurs de 80°D et 70 °D. Ces résultats sont comparables à ceux cités par Amellal *et al.*, (2012) qui ont mentionné des valeurs comprises entre 80 °D et 90 °D pour des yaourts contenant la poudre d'écorces de grenade. Nos valeurs sont inférieures à celles indiquées par Ghalem et Zouaoui (2013) et qui sont de 99 D° et 102 D° pour des yaourts enrichis par les huiles essentielles de romarin officinal.

#### **IV.2.1.3. Extrait sec total**

Les résultats de l'extrait sec des yaourts élaborés sont de 12,33 - 14,42 - 15,30 - 17,47 - 19,48% pour YN, YB2, YB4, YB8 et YB12 respectivement. Néanmoins, la valeur de l'extrait sec obtenue pour le yaourt à base de la poudre de pelure de betterave est supérieure à celle du yaourt nature. Nos valeurs sont similaires à celles signalées (15 et 20,69) par Amellal *et al.*, (2012) pour des yaourts enrichis de poudre d'écorces de grenade. Nos données sont inférieures à ceux signalées par Amellal-Chibane (2008) pour les yaourts à base de la poudre de dattes qui sont entre 20,64 et 21,39%.

#### **IV.2.1.4. Teneur en matière grasse**

Les valeurs de la matière grasse pour les yaourts analysés sont YN (2,83), YB2 (2,13) YB4 (2,03), YB8 (1,96) et YB 12 (1,93). On constate que les valeurs de la matière grasse dans le yaourt enrichi par la poudre de pelure de betterave est inférieure à celle du yaourt nature. Nous remarquons qu'en augmentant la quantité de la poudre de betterave, la matière grasse diminue. En outre Kiros *et al.*, (2016) ont remarqué la diminution de la matière grasse dans des yaourts enrichis par le jus de carotte. Nos résultat sont supérieures à ceux mentionnés par Sanful (2009) dans les yaourts enrichis par la noix de cocco qui a signalé des

valeurs comprises entre 1.5 et 2 g. La teneur en matière grasse dans les yaourts dépend de la matière grasse de lait utilisé lors de la formulation (Ihemeje *et al.*, 2015).

#### IV.2.2. Analyse sensorielle (test de dégustation)

Le panel de dégustation est constitué de 10 sujets, 6 membres du personnel du laboratoire RAMDY et 4 étudiants de la faculté UMBB. Les résultats du test de dégustation des quatre yaourts additionnés de la poudre de pelure de betterave sont donnés dans le tableau IV.3.

**Tableau IV.3.** Les notes des dégustateurs.

Produit	Notes de dégustateurs									
	Dégustateurs									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
<b>YB2</b>	3	3	3	4	4	3	4	3	5	4
<b>YB4</b>	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5
<b>YB8</b>	1	2	2	1	2	2	1	2	2	3
<b>YB12</b>	2	1	1	3	1	1	2	1	1	2

Les notes sont transformées en rangs dans le tableau IV.4.

**Tableau IV.4.** Transformation des notes en rangs.

Produit	Notes de dégustateurs										Sommes des rangs
	Dégustateurs										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
<b>YB2</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	<b>19</b>
<b>YB4</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	<b>11</b>
<b>YB8</b>	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	<b>33</b>
<b>YB12</b>	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4	<b>37</b>
$\Sigma R$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	<b>100</b>

Vérification :

- La somme des rangs  $R = \frac{n(n+1)}{2}$
- $n=4$  (nombre d'échantillon)  $\Rightarrow R = \frac{4 \cdot (4+1)}{2} = 10$
- La somme des sommes des rangs  $\Sigma R = \frac{M \cdot n \cdot (n+1)}{2}$
- Ou  $M$  : nombre des dégustateurs  $\Sigma R = \frac{10 \cdot 4 \cdot (4+1)}{2} = 100$

Dans le tableau statistique, les valeurs de rang critique pour  $n = 4$ ,  $M = 10$  sont entre [18-32]. Puisque  $11 < 18$ , l'échantillon de YB4 est le meilleur parmi les autres. Comme 19 se situe dans l'intervalle [18-32], l'échantillon YB2 est classé deuxième.  $37 > 32$  pour YB12

et  $33 > 32$  pour YB8 donc ces deux échantillons (YB12 et YB8) sont différents des autres et sont les plus mauvais.

Le classement des quatre échantillons est le suivant : YB4, YB2, YB8, YB12.

**Pour la suite de notre étude, les analyses de : l'indice de couleur, la texture, cendres, polyphénols, activité antioxydant, suivi du pH et l'acidité pendant 28 jours ainsi que les analyses microbiologiques sont effectués uniquement pour la meilleur recette, à savoir YB4 comparativement au YN.**

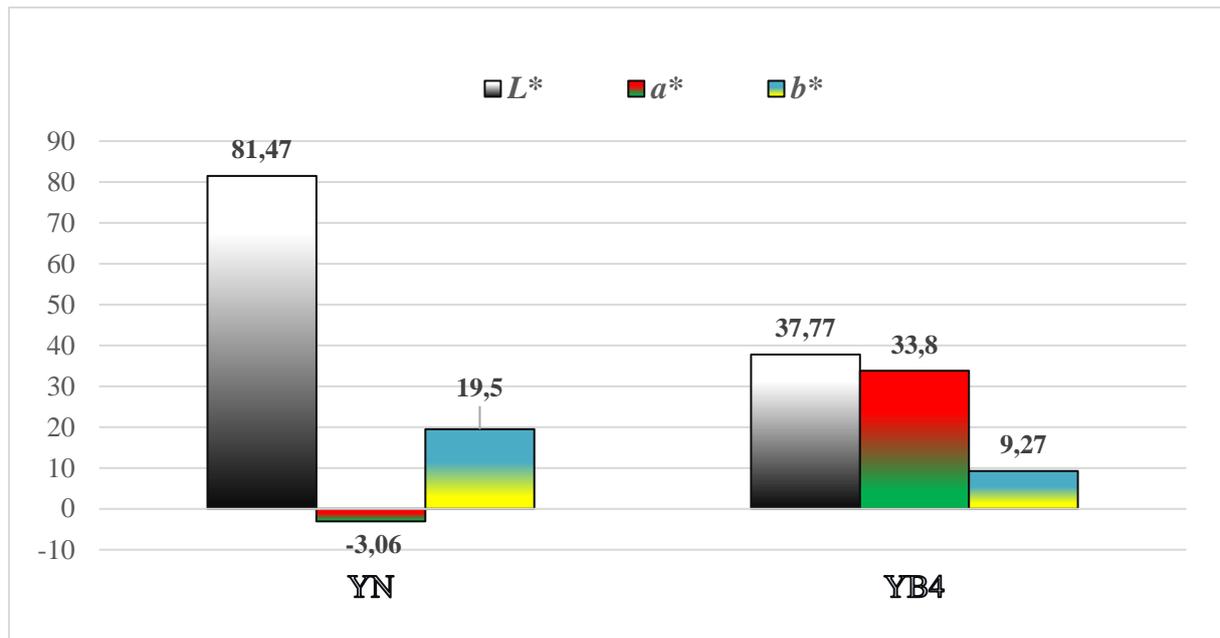
#### IV.2.3. Indices de couleur

La variation des indices de couleur ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) est donnée dans le tableau IV.5 et la figure IV.1.

**Tableau IV.5.** Les indice de couleur.

Yaourt	$L^*$	$a^*$	$b^*$
YN	$81,47 \pm 0.839$	$-3,06 \pm 0.058$	$16,5 \pm 0.173$
YB4	$37,77 \pm 0,305$	$33,8 \pm 0,360$	$9,6 \pm 0,058$

La valeur de  $L^*$  (lightness) est plus élevée pour YN et faible pour YB4. Elle est égale à 81,47 et 37,77 respectivement. Quant à la valeur de  $a^*$  (greenness), elle est faible pour YN (-3,03) comparée à YB4 (33,8). Par ailleurs, le paramètre de couleur  $b^*$  (yelowness) est de 16,5 pour YN beaucoup plus élevé que celui de YB4 (9,25). La couleur du yaourt YN reflète bien la couleur du lait, car il est fabriqué uniquement avec le lait et le ferment. L'ajout de la poudre de pelure de betterave a affectée les valeurs  $L^*$ ,  $a^*$  et  $b^*$ . Nous remarquons une diminution des valeurs de  $L^*$  et  $b^*$  et une augmentation de la valeur de  $a^*$ . Amellal-chibane (2008) a étudié l'effet de l'addition de la poudre des dattes sur les paramètres de couleur ( $L^*, a^*, b^*$ ), elle a constaté que les indices  $a^*, b^*$  augmentent et l'indices  $L^*$  diminuent avec l'addition de la poudre des dattes.



**Figure IV.1.** Variation des indices de couleur ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) entre YN et YB4.

#### IV.2.4. Analyse de la Texture

Le comportement mécanique révélé dans les tests de pénétration du yaourt YN et YB4 est donné dans le tableau IV.6 et est illustré par la figure IV.2.

**Tableau IV.6.** Paramètres de pénétration des deux yaourts YN et YB4.

Echantillon	Force du gel (N)	Distance de rupture (mm)	Force à 15mm	Synérèse (ml/100ml)
YN	0,236±0,0205	3mm±0	0,209±0,0205	2±0,1
YB4	0,292±0,032	2mm±0	0,36±0,026	0,37±0,036

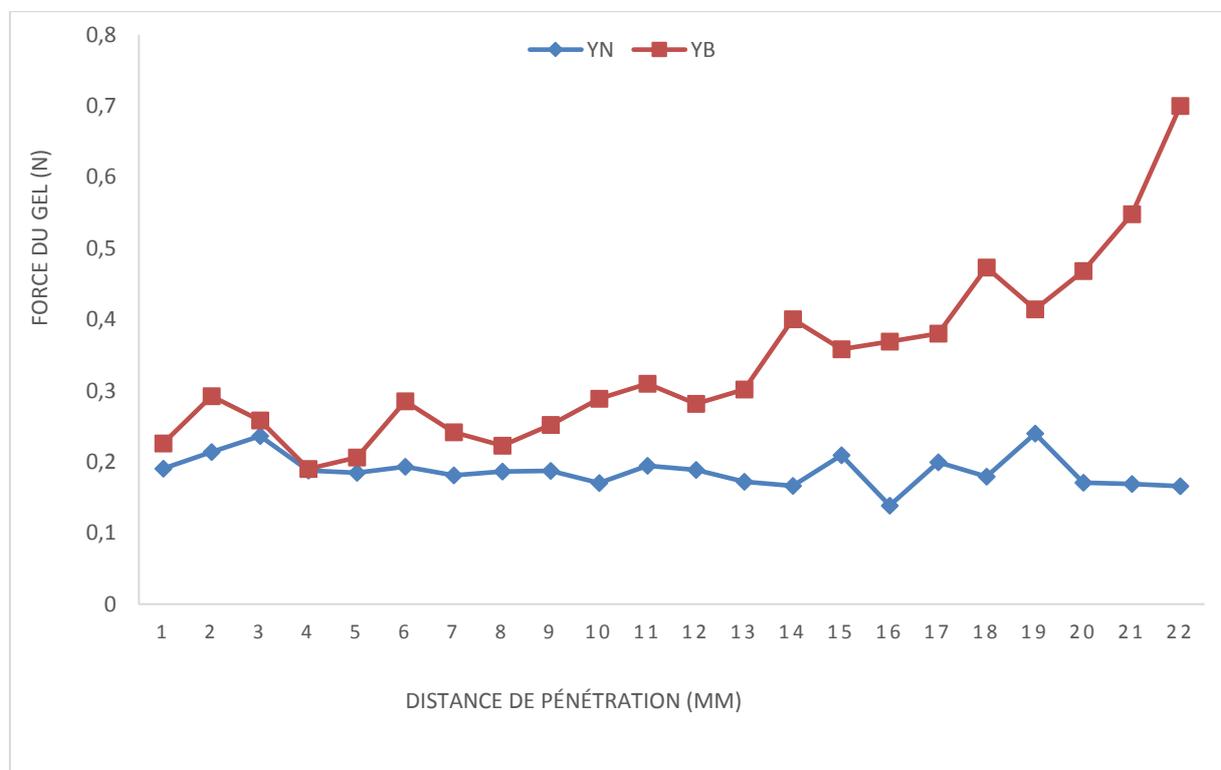
En présence de la poudre de pelure de betterave, le gel s'avère plus fort et se distingue par une force de rupture extrêmement grande (0,292 N).

Le comportement mécanique de YB4 est supérieur à celui de YN. Le yaourt additionné de la poudre de pelure de betterave présente une fermeté plus importante que le yaourt nature avec respectivement une force du gel de 0,292N et 0,236N. Leurs distances de rupture sont de l'ordre de 2 mm et 3 mm avec une force à une distance de 15 mm, pour le YB4 (0.360N) et de 0,209 N pour YN.

La valeur de la force de rupture du yaourt YB4 par rapport à celle du yaourt nature est dû à la richesse de la poudre de betterave en pectine et en saccharose (Bavec *et al.*, 2010 ; Fissore *et al.*, 2013). En outre, il est bien connu que la structure du yaourt aux fruits peut être améliorée en utilisant des agents de texture tels que le saccharose, la gélatine et la pectine

(Jawalker *et al.*, 1993). En fait, il a déjà été souligné que la texture du yaourt est affectée par les solides totaux, les stabilisants et les fruits ajoutés (Shaker *et al.*, 2000).

La synérèse est importante dans le yaourt YN (2ml/100ml) par rapport à celle de yaourt YB4 (0,37ml/100ml). L'ajout de la poudre de pelure de betterave dans le yaourt réduit davantage la synérèse. En outre, kumar et Mishra (2004) ont annoncé l'influence de l'addition de la pulpe de mangue et de lait de soja sur les caractéristiques physico-chimiques, à savoir le profil sensoriel, le profil de texture et la réduction de synérèse de yaourt. Vignola (2002) a souligné également que pour éviter la synérèse, le mélange doit contenir assez de solides totaux.



**Figure IV.2.** Profil de pénétrométrie sur YB4 et YN.

#### IV.2.5.Taux de Cendres

Les résultats de taux de cendres pour YN et YB4 sont présentés dans le tableau IV.7

**Tableau IV.7.** le taux de cendres pour YN et YB4.

	YN	YB4
<b>Cendres(%)</b>	0,64%	0,85%

Le taux des cendres du yaourt enrichi en poudre de la pelure de betterave est de 0,85. En revanche, celui du yaourt naturel est de 0,64%. Cette différence peut être expliquée par le fait

que la pelure a apporté une quantité relativement considérable de minéraux. Ce résultat est dans le même sens que celui trouvé pour l'analyse de pelure de betterave.

#### **IV.2.6. Polyphénols totaux et activité antioxydante**

Les résultats de l'activité antioxydante et des teneurs en polyphénols sont présentés dans le tableau IV.8

**Tableau IV.8.** Résultats de l'activité antioxydant et des teneurs en polyphénols des yaourts YN et YB4.

	<b>Polyphénols (mg E AG/100g)</b>	<b>Activité antioxydante (%)</b>
<b>YN</b>	<b>15.08 ±1,17</b>	<b>2,28± 1,02</b>
<b>YB4</b>	<b>49.77±0,29</b>	<b>6.90±1,03</b>

#### **Teneur en polyphénols totaux**

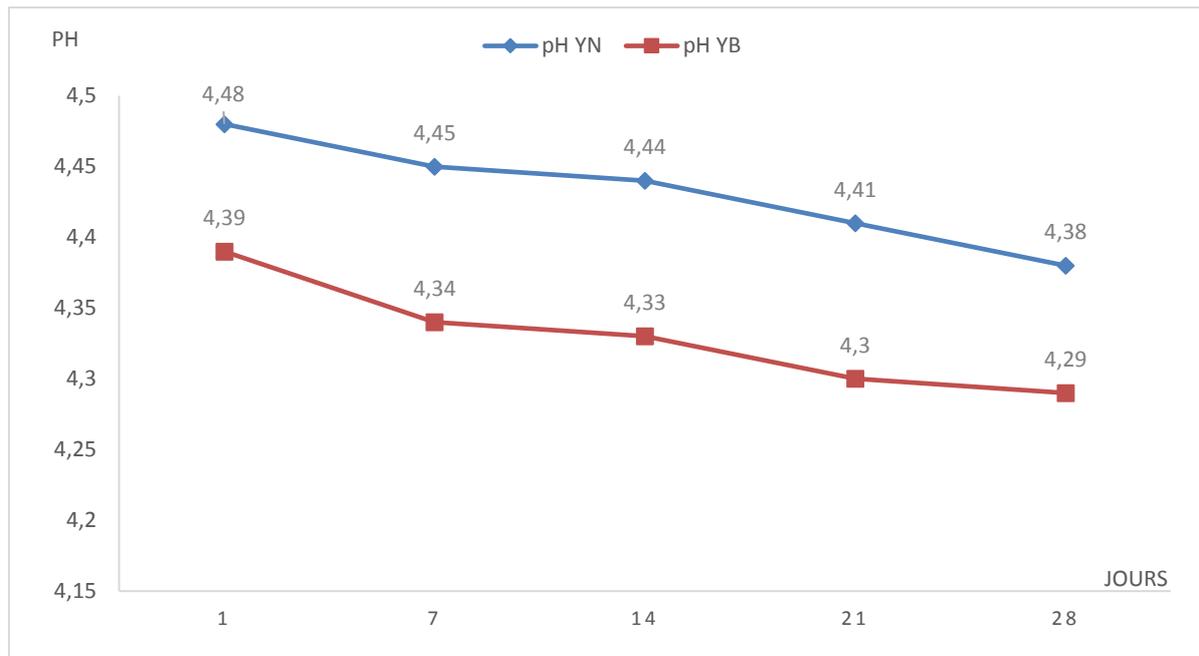
D'après les résultats illustrés dans le tableau IV.8, on constate que la teneur en polyphénols dans le cas de « YB4 » est trois fois supérieure que celle du « YN », avec des teneurs respectives de 49,77 et 5,08. Cela peut être expliqué par la teneur élevée de la poudre de pelure de betterave en polyphénols (253,62 ±18,46 mg EAG/100 g). La faible teneur en polyphénols du YN est due aux composés phénoliques apportés par le lait comme indiqué par Lopez et Lindsay (1993).

#### **L'activité antioxydante**

L'activité antioxydantes a révélé une valeur trois fois supérieure à piéger le radical DPPH° dans le YB4 que celle du YN avec un taux de 6,90% et 2,28% respectivement. Cette différence peut être attribuée à la richesse de la poudre de pelure de betterave en composés phénoliques (253,62 ±18,46 mg EAG/100g). En effet, Georgiev *et al.*, (2010) et Ravichandran *et al.*, (2013) ont mentionné, que les composés phénoliques de betterave possèdent un pouvoir antioxydante.

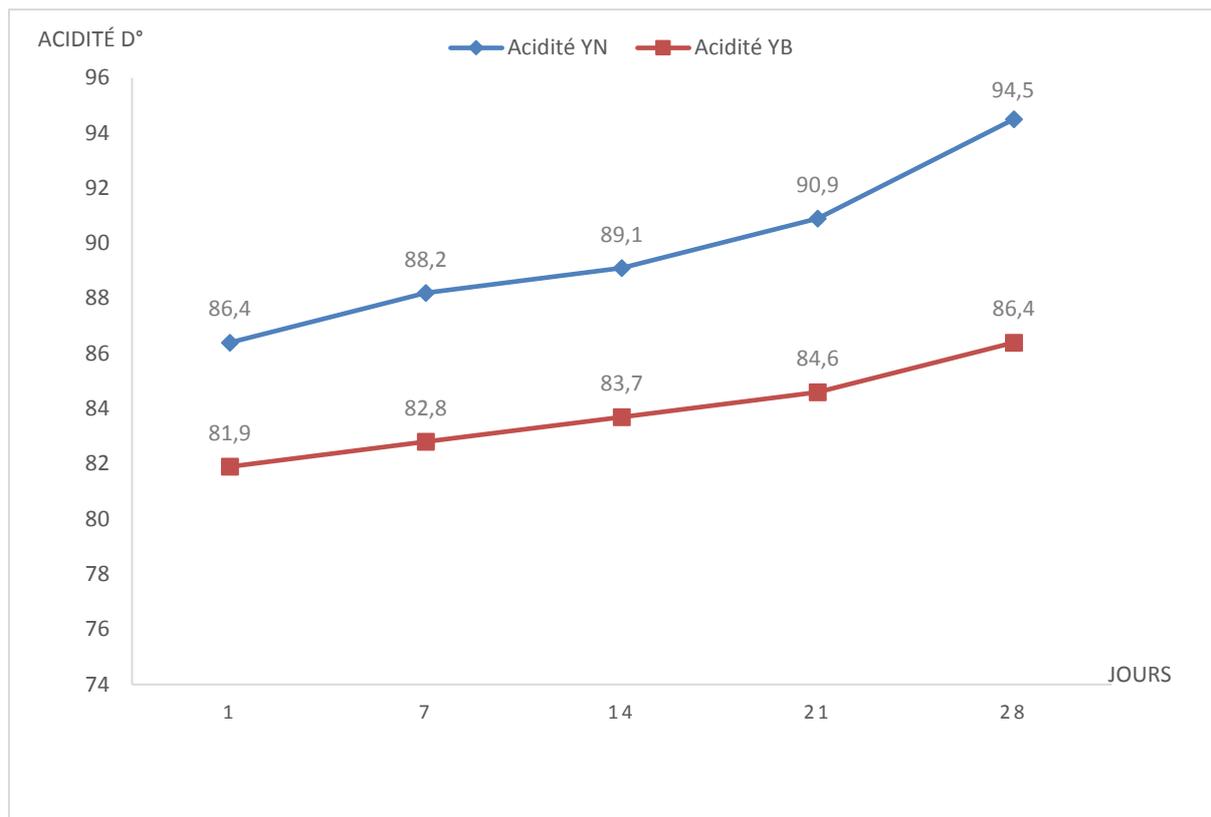
#### **IV.2.7.Evolution du pH et de l'acidité titrable**

Les résultats de l'évolution du pH en fonction du temps pour le yaourt nature et yaourt additionné de 4 g de poudre de betterave sont présentés dans les figures IV.3 et IV.4.



**Figure IV.3.** Evolution de pH en fonction de temps durant 28 jours pour yaourt nature et yaourt à base de la betterave (YB4).

L'évolution des valeurs du pH pendant la conservation est caractérisée par une diminution de 4,48 jusqu'à 4,38 pour YN et de 4,39 jusqu'à 4,29 pour YB4. Ces résultats sont comparables à ceux cités par Zare *et al.*, (2011) qui ont mentionné une réduction de pH dans des yaourt additionnés de farine de lentilles allant de 4,50 à 4,00 pendant la période de stockage de 28 jours. Aussi Silva *et al.*, (2014) ont signalé une diminution du pH dans les échantillons de yaourt enrichi avec le fruit de Pequi pendant 29 jours de stockage. Cette réduction est aussi observée par da Silva (2015) pour des yaourts fabriqués à partir de lait de chèvre enrichi avec les extraits de soja hydrosoluble. Cette diminution est due à la dégradation du lactose en l'acide lactique (Hassan et Amjad, 2010).



**Figure IV.4.** Evolution de l'acidité en fonction du temps durant 28 jours de stockage pour le yaourt nature et le yaourt à base de la poudre de pelure de betterave (YB4).

Les valeurs initiales de l'acidité titrable étaient de 86,4°D pour le yaourt YN et 81,9°D pour le yaourt YB4. Ces valeurs sont comparables à celle trouvée par Gurmeet et Kasiviswanathan (2008) pour le yaourt au fruit enrichi avec du calcium. Au cours du temps l'acidité titrable augmente pour atteindre 94,5°D pour YN et 86,4°D pour YB4 à la fin de stockage. De même, Al.Otaibi et El Demerdash (2008) et Silva *et al.*, (2014) ont trouvé que l'acidité titrable augmente progressivement pendant la période de stockage. Cette augmentation est principalement due aux bactéries lactiques qui continuent à transformer le lactose en acide lactique (Abdalla et Abdel Nabi, 2010).

#### IV.2.7. Analyse microbiologique

Les résultats obtenus pour l'analyse microbiologique du yaourt nature YN et du yaourt à base de la poudre de la pelure de betterave YB4 sont illustrés dans le tableau IV.7.

**Tableaux IV.9.** Résultats des analyses microbiologiques.

Yaourt	YN	YB4	Normes
<b>Germes recherchés</b>			

Coliforme totaux	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10/g</b>
Coliforme fécaux	0	0	1/g
Levures	0	0	10 <sup>2</sup> /g
Moisissures	Abs	Abs	Absence/g
Staphylococcus aureus	0	0	10/g
<b>Flore lactique</b>	<b>3.41. 10<sup>8</sup></b>	<b>5.31. 10<sup>8</sup></b>	<b>≥10<sup>7</sup></b>

On constate d'après la comparaison aux normes, que tous les résultats obtenus sont conformes (absence totale de tous les germes pathogènes). Les résultats concernant la flore lactique (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*), montrent clairement leur parfaite conformité aux normes. La culture de cette flore est très satisfaisante dans le cas d'un yaourt à base de poudre de la betterave que dans le cas d'un yaourt nature. Ceci est probablement lié à la composition du milieu, la poudre de pelure de betterave est riche en nutriments qui sont indispensables au développement de la flore lactique. Amellal-chibane (2008) a noté que la culture de la flore lactique est importante dans les yaourts enrichis par la poudre de dattes.

## **Conclusion**

L'objectif du travail présenté dans ce mémoire est la valorisation de la pelure de betterave rouge en les introduisant dans un yaourt afin d'obtenir un aliment fonctionnel à caractère nutritionnel et thérapeutique.

Les résultats de l'évaluation des paramètres physico-chimiques de la poudre de la pelure de betterave indique un pH presque neutre, une faible acidité titrable, un extrait sec soluble de 75,6 °Brix et un taux important en cendres (10,54%) et en polyphénols (253,62 mg EAG/100g).

A l'issue des différentes formulations de yaourt et test de dégustation, le yaourt à base de 4 g de la poudre de pelure de betterave s'est révélé comme le meilleur échantillon. En effet, celui-ci présente un faible taux de matière grasse, une force de gel élevée, une légère synérèse. De plus, il se caractérise par une teneur en polyphénols très appréciable lui attribuant une activité anti-oxydante considérable. L'évolution du pH et de l'acidité titrable pendant la période de stockage de 28 jours a montré sa stabilité.

Les résultats des analyses microbiologiques des deux yaourts (YN, YB4) montrent clairement leurs parfaite conformité aux normes, ce qui offre aux yaourts élaborés une meilleure stabilité et une bonne qualité hygiénique. La culture de la flore lactique est très satisfaisante dans le cas des yaourts à base de la poudre de pelure de betterave par rapport à celle du yaourt nature.

Au terme de ce travail, il ressort qu'il est possible de valoriser un déchet ménager, type pelure de betterave afin de produire un yaourt aromatisé, sucré, coloré naturellement par son utilisation sous forme de poudre. De plus, ce yaourt est enrichi en minéraux, polyphénols et est doté d'un pouvoir antioxydant intéressant faisant de lui, un aliment bénéfique pour l'organisme et donc fonctionnel.

## Références bibliographiques

- **Abbasi, S., Azari, S. (2007).** Novel freeze-drying of onion slices using microwaves. In Evangelos Lasos (Ed), proceeding of the 5<sup>th</sup> international congress on food technology, volume I, Alexander Technological Educational, Institution of Thessaloniki (Sindos), Faculty of Food Technology and Nutrition, Thessaloniki, Greece. 54-61.
- **Abdalla, O.M., Abdel Nabi-Ahmed, S.Z. (2010).** Chemical Composition of Mish "A Traditional Fermented Dairy Product" from Different Plants during Storage. *Pak. Journal of Nutrition*. 9: 209-212.
- **AFNOR. (1999)** : lait et produits laitiers. Volume 1, 5<sup>ème</sup> édition. Paris. pp117-341.
- **Al Otaibi, M., El-Demerdash, H. (2008).** Improvement of the quality and shelf life of concentrated yoghurt (labneh) by the addition of some essential oils. *African Journal Microbiology*. Res. 2: 156-161.
- **Amellal, H., Benamara, S., Halladj, F., Chibane, M. (2012)** .Characteristics and acceptance of yogurt containing pomegranate (*Punica granatum*) peel powder. *Archives Des Sciences Vol 65, No. 11; Pp 289-300*.
- **Amellal, R. (2000).** La filière lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. Institut National d'Agronomie El-Harrache. Option méditerranéenne. Sér.B N° 14. Pp. 230-232.
- **Amellal-Chibane, H. (2008).** Aptitude technologiques de quelques variétés communes de dattes : formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de doctorat en technologies alimentaires. Faculté des sciences de l'ingénieur. Université BOUMERDES. Pp. 164.
- **Arvy, M-P et Galouin, F. (2007).** Légumes d'hier et d'aujourd'hui. édition Belin. 608p.
- **Audigié, C.I., Figarella, J. et Zonszain, F. (1978).** Manipulation d'analyses biochimique, Doin Editeurs, Paris, France. 240p.
- **Bavec, M., Turinek, M., Grobelnik-Mlakar, S., Slatnar, A., Bavec, F. (2010).** Influence of industrial and alternative farming systems on contents of sugars, organic acids, total phenolic content, and the antioxidant activity of red beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* Rote Kugel). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58 (22), 11825–11831.

- **Belguedj, N. (2014).** Préparations alimentaires à base de dattes en Algérie : Description et diagrammes de fabrication. mémoire magister en sciences alimentaires. Institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires universite Constantine. pp 183.
- **Benachour, K. (2008).** Diversité et activité pollinisatrice des abeilles (Hymenoptera:Apoidea) sur les plantes cultivées. Thèse de doctorat en sciences. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Université Mentouri de Constantine .Pp151.
- **Bergamaier, D. (2002).** Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de *lb. rhamnosusrw 9595m* d'un milieu à base de perméat de lactosérum. Thèse doctorat, université de Laval, Canada. Pp149.
- **Bourgeois C.M et Leveau J. Y (1991).** microbiologie alimentaire. Tome 2. pp 31-34.
- **Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. (1995).** Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 28, 25-30.
- **Brulé, G. (2003).** Annexe au rapport commun de l'académie des technologies et de l'académie d'agriculture de France. In de l'évolution des technologies de production et de transformation sur la qualité des produits laitiers. Pp47.
- **Da Silva, G.D.C (2015).** *Effect of the addition of water-soluble soybean extract and probiotic culture on chemical characteristics and folate concentration in yogurts produced with goat's milk. African journal of microbiology research. Vol. 9(18). Pp. 1268-1274.6.*
- **Denis, L.F.(2010).** La culture biologique des légumes .Edition Berger A.C .inc. Pp525.
- **Doleyres, Y. (2003).** Production en continue du ferment lactique probiotique par la technologie des cellules immobilisées. Thèse Doctorat. Université de Laval. Canada. Pp148.
- **Enkelejda, P. (2004).** Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la flaveur. Thèse de doctorat en Science des Aliments. Institut national agronomique paris grignon. Pp205.
- **Escribano, J., Pedreno M.A.,(1998).** Characterization of the antiradical activity of betalains from *Beta vulgaris L. roots. Phytochem Anal.* 1998;9:124-7.

- **Fissore, E.N., Rojas, A.M., Gerschenson, L.N., Williams, P.A. (2013).** Butternut and beetroot pectins: Characterization and functional properties. *Food Hydrocolloids*. 31 172-182.
- **Fizman, S. M., Lluch, M. A., Salvador, A. (1999).** Effect of addition of gelatine on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. *International Dairy Journal*, 9, 895-901.
- **Guiraud J. et Galzy P. (1980).** Analyse microbiologique dans l'industrie agro alimentaire. Ed. Lusine nouvelle. pp 43-76.
- **Gledel.J.(1988).** Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. Technique et documentation (Lavoisier). Paris. France. pp. 53-66.
- **Georgiev, V.G., Weber, J., Kneschke, EM., Denev, PN., Bley, T., Pavlov, AI (2010).** Activité et phénolique contenu antioxydant des extraits de bétalaïne de plantes intactes et cultures de racines poilues du rouge de betterave *Beta vulgaris*. Detroit rouge foncé.
- **Ghalem, B.R., and Zouaoui, B. (2013).** *Microbiological, physico-chemical and sensory quality aspects of yoghurt enriched with Rosmarinus officinalis oil. African Journal of Biotechnology Vol. 12(2), Pp. 192-198.*
- **Gosta, B. (1995).** Manuel de transformation du lait. Ed Etat pack processing systems AB. Sweden.
- **Guichard, E., Genot, C., Voilley, A. (2012).** Texture et flaveur des aliments : Vers une conception maîtrisée. Éducation Educagri, Pp297.
- **Gurmeet, S., Kasiviswanathan, M. (2008).** Influence of calcium fortification on sensory, physical and rheological characteristics of fruit yogurt. *LWT- Food science and Technology*, Vol 41 (7). 1145–1152.
- **Hassan, A., Amjad, I. (2010).** Nutritional evaluation of yoghurt prepared by different starter cultures and their physiochemical analysis during storage. *African Journal of Biotechnology*. 9:2913-2917.
- **Holmes, R.P et Assimos, D.G(2004).** L'impact de l'oxalate alimentaire sur la formation de calculs rénaux *Urological Research*, Pp. 311-316.
- **Ihemeje, A., Nwachukwu, C.N., Ekwe, C.C. (2015).** Production and quality evaluation of flavoured yoghurts using carrot, pineapple, and spiced yoghurts using ginger and pepper fruit. *African journal of food science*. Pp 163-169.
- **ISO 2173: (2003).** Specifies a refractometric method for the determination of the soluble solids in fruit and vegetable products **Edition: 2 Pp8.**

- **ISO 750: (1998).** Fruit and vegetable products-Determination of titrable acidity. Edition2 Pp4.
- **J.O.R.A. N°86** du 18 Novembre 1998 (Article 2 Page 22) Arrêté interministériel du 16 jourmada-ethania 1419 correspondant au 7 octobre 1998 relatif aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leurs mises à la consommation.
- **Jawalkar, S.D., Ingle, U.M., Waghmare, P. S.,Zanjad, P. N. 1993.** Influence of hydrocolloids on rheological and sensory properties of cow and buffalo milk yoghurt. *Indian Journal of Dairy Science. Pp 217-219.*
- **Jeantet, R., Croguennes, T., Mahaut, M.,Schuck, P.,Brulé, G. (2008).** Les produits laitiers. Ed Techniques et Documentations. Lavoisier-Paris .Pp185.
- **Jimoh,K. O., Kolapo, A.L. (2007).** Effect of different stabilizers on acceptability and shelf- stability of soy-yogurt. *African Journal of biotechnology, Vol.6 (8), 1000- 1003.*
- **Jurgen,W., Waldenberger, G., Huemer, S., Uygun, P., Kumar, P. Mishra, H. N. (2015).** Mango soy fortified set yoghurt: Effect of stabiliser addition on physicochemical, sensory and textural properties. *Food Chemistry, Pp 501-507.*
- **Kiros, E., Seifu, E., Bultosa, G.,Solomon, W.K. (2016).** Effect of carrot juice and stabilizer on the physicochemical and microbiological properties of yoghurt. *LWT - Food Science and Technology. Pp191-196.*
- **KoKSoy, A., Kilic, M. (2004).** Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. *Food Hydrocolloids, Pp 593-600.*
- **Kujala TS, Vienola MS.(2002).** *Betalain and phenolic compositions of four beetroot (Beta vulgaris) cultivars.* *Eur Food Res Technol .214:505-10.*
- **Kumar, P. et Mishra, H. N. (2004).** Mango soy fortified set yoghurt: effect of stabilizer addition on physicochemical, sensory and textural properties. *Food Chemistry, 87, 501-507.*
- **Lablondel, C. (2007).** Les laits fermentés : vos alliés pour une meilleure santé. Pp. 3.
- **Lamontagne, M.(2002).** Produits laitiers fermentés. In Science et technologie du lait :transformation du lait . Chapitre 8.Vignola C.I, Ed Presses internationales. Polytechnique, Pp93-139. **557**
- **Loones, A.(1994).** Laits fermentés par les bactéries lactiques : Aspects fondamentaux et technologiques. Vol2. De Roissart, H et Luquet, F.M(Ed) ; Lorica, Uriage, 135-154.

- **Lopez, V and Lindsay' R.C. (1993).** Metabolic Conjugates as Precursors for Characterizing Flavor Compounds in Ruminant Milks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*41, 446-454.
- **Lozach, E., (2001).** Le sel et les microorganismes. These de doctorat veterinaire. Ecole nationale veterinaire de maison Afort. Pp137.
- **Lucas, A., Sodini, I., Monnet, C., Joplivet, P., et Corrien, G. (2004).** Probiotic cell and acidification in fermented milks supplemented with milk protein hydrolysates. *International Dairy Journal*, 14, pp 47-53.
- **Luquet, F. M., Carrieu, G. (2005).** Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires, Ed lavoisier tec et Doc, Paris,Pp 307.
- **Mahaut, M., Jeantet, R., Brulé, G., Schuck, P. (2000).** Les produits industriels laitiers.Tech&Doc, Lavoisier, Paris.Pp178.
- **Marszalek, K.Z.J., Lukasz, W.Z., SylwiaSka, P. (2016).** Kinetic modelling of polyphenol oxidase, peroxidase, pectin esterase, polygalacturonase, degradation of the main pigments and polyphenols in beetroot juice during high pressure carbon dioxide treatment. *LWT - Food Science and Technology*. 1-6.
- **Martin, M. (2004).** Technologie des laits de consommation. Ed. Lait. Candia Direction développement technique. Pp135.
- **Marty-Teyssset, C. et Garel, J.R. (2000).** Increased production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus Delbrueckii ssp Bulgaricus* up on aeration. In: *Involvement. Applied onenvironmental Microbiology*, 66: 262-267.
- **Nagai, T., Makino, S., Ikegami, S., Itoh, H., Yamada, H. (2011).** Effects of oral administration of yogurt fermented with *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* OLL1073R-1 and its exopolysaccharides against influenza virus infection in mice. *International Immunopharmacology*11, 2246-2250.
- **Nakasaki, K., Yanagisawa, M., Kobayashi, K. (2008).** Microbiological quality of fermented milk produced by repeated-batch culture. *Journal of Bioscience and bioengineering*, 105(1): 73, 76.
- **Nongonierma, A.B., Springett, M., Le Quéré, J.L., Cayot, P., et Voilley A. (2006).** Flavour release at gas/matrix interfases of stirred yoghurt models. *International Dairy Journal*, 16,102-110.
- **Oyen, L. P. A. (2004).** *Beta vulgaris*L. Internet Fiche de Protabase. Grubben, G.J.H. & Denton, O.A. (Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas.

- **Ozer, B.H., Robinson, R.K., Grandison, A.S., Bell A.E. (1998).** Gelation properties of milk concentrated by different techniques. *International Dairy Journal*, 8, 793-799.
- **Paci kora, E. (2004).** Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brasse aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception et de la texture et de la saveur. Thèse de doctorat présentée à l'Institut National Agronomique. Paris. Grignon. Pp205.
- **Pavlov, A., Kovatcheva, P., Tuneva, D., Ilieva, M., Bley, T. (2005).** L'activité de piégeage des radicaux et la stabilité de bêtaïnes de *Beta vulgaris* culture de racines chevelues dans des conditions simulées de l'appareil gastro - intestinal humain. *Plant Foods Hum Nutr* 60: 43-47.
- **Pernoud, S., Schneid, C., Breton, S. (2005).** Application des bactéries lactiques dans les produits frais et effet probiotiques. In *bactéries lactiques et probiotiques*. CoordLuquet F.M., Corrieug., Ed Tec et Doc, pp :235-260 .306p.
- **Raikos, V., Mc Donagh, A., Ranawana, V., Duthi, G. (2016).** Processed beetroot (*Betavulgaris* L) as a natural antioxidant in mayonnaise: Effects on physical stability, texture and sensory attributes. *Science Direct* .Pp8.
- **Ravichandran, K., Saw, N.M., Mohdaly, A.A., Gabr, A.M., Kastell, A., Riedel, H., Cai, Z., Knorr, D., Smetanska, I. (2013).** Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. *Food Research International* 50, 670–675.
- **Ribaya-Mercado, J.D., Blumberg, J.B. (2004).** Lutein and zeaxanthin and their potential roles in disease prevention. *J Am Coll Nutr*. 567S-87S.
- **Rohman, A., Riyanto, S., Yuniarti, N., Saputra, W.R., Utami, R et Mulatsih, W. (2010).** Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts and fractions of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam). *International Food Research Journal*, 17, 97-106.
- **Saenz, C et Sepulveda, E. (2001).** Cactus-pear juices. *Journal of the Professional Association for Cactus Développement*, 4, pp 3-10.
- **Salovaara, S., Sandberg, A.S., Andlid, T. (2002).** Les acides organiques influencent l'absorption du fer dans la lignée de cellules épithéliales humaines Caco-2. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (21) (2002), pp. 6233-6238.
- **Sanful Rita, E.(2009).** Promotion of coconut in the production of yoghurt. *African Journal of Food Science* Vol. 3 (5). pp. 147-149.

- **Schwartz,SJ., von Elbe, JH.(1980).** La the quantitative determination of individual beta-cyanine pigments by high-performance chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28 (1980), pp. 540-543.
- **Serra, M., Trujillo, A.J., Guamis, B., Ferragut, V. (2009).** Evaluation of physical proprieties duringastorage of set and stirred yoghurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk. *Food hydrocolloids*, 23: 82-91.
- **Shaker, R.,Jumah, R. Y., Abdou-Jdayil, B.(2000).** Rheological properties of plain yoghurt durning coagulation process: impact of fat content and preheat treatment of milk. *Journal of Food Engineering*, 44,175-180.
- **Silva, B.S., Resende, S.R., Souza, A.K., Silva, M.A.P., Plácido, G.,R.and C. M. (2014).** Sensory, physicochemical and microbiological characteristics of greek style yogurt flovored with pequi (*Caryocar Brasiliense*, Cambess). *African Journal of Biotechnology*. . pp. 3797-3804, Article number 090897647390.
- **Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R. M. (1999).** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178.
- **Sodini, I. et Beal, C. (2012).** Fabrication des yaourts et laits fermentés. *Techniques de l'Ingénieur (F 6315)*. Paris- France : Pp16
- **Souci, S.W., Fachmann W., Kraut, H. (1994).** Food composition. Tables of nutrition values.5 Eme edition.Medpharm. Scientific Publisher. CRC PRESS.
- **Stintzing, F.C. (2004).** *Functional properties on anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition*. *Trends in Food Science &Technology*, 15:19-38.
- **Tabak, S., Bensoltane, A. (2011).** L'activité antagoniste des bactéries lactiques (*Streptococcus thermophilus*, *Bifidobactériumbifidum* et *Lactobacillus bulgaricus*) vis-à vis dela souche *Helicobacterpylori* responsable des maladies gastroduodénales. Ed Nature et Technologie. pp 71-79.
- **Tamime, A.Y., Deeth, H.C. (1980).** Yogurth: technology and biochemistry. *Journal of Food protection*, 43, 12, 939-977.
- **Trigueros, L., Sayas-Barberà, E., Pérez-Alvarez, J.A., Sendra, E. (2011).** Use of date (*phoenix dactylifera* L) banching water for reconstituting powder: Yogurt manufacture. *Food and Bioproducts Processing*.271-9.
- **Vignola, C.I., (2002).** Science et technologie du lait : transformation du lait. Ed Lavoisier, Paris, Pp600.

- **Weaver CM., Heaney, RP., Nickel, PI. (2006)** .Calcium biodisponibilité des hautes légumes d'oxalate: légumes chinois, patates douces et la rhubarbe .Journal of Food Science, 62 (3) (2006), pp. 524-525.
- **Winkler, C., Wirleitner, B., Schroecksadel, K., Schennach, H., Fuchs, D. (2005).** In vitro effects of beetroot juice on stimulated and unstimulated peripheral blood mononuclear cells. Am J BiochemBiotechnol 1: 180-185.
- **Wruss, J., Waldenberger,G., Huemer,S., Uygun, P.,Lanzerstorfer,P., Ulrike, M., Otmar, H.G., Weghuber,J. (2015).** Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria . Journal of Food Composition and Analysis. Journal of Food Composition and Analysis 42 46–55.
- **Zare, F., Boye, J.I., Orsat, V., Champagne, C., Simpson, B.K. (2011).** Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. *Food Research International*, 44, 2482–2488.

## **Annexe n°01**

### **Présentation de l'entreprise**

#### Historique

La SARL Ex (SARL laiterie DJURDJURA) a été créée le 01/01/1983. Elle s'est spécialisée dans la production des yaourts, crèmes desserts et les fromages frais et fondus. Le 15 octobre 2001, le groupe français DANONE s'est associé avec la laiterie DJURDJURA pour les activités yaourts, pâtes fraîches et desserts, Depuis, L'activité de la laiterie DJURDJURA s'est consacrée à la production des fromages fondus, aux pâtes molles (camembert) et au lait pasteurisé.

Deux années plus tard, elle s'est implantée dans une nouvelle unité située en plein cœur de la zone d'activité TAHARACHT (AKbou).

Dans le souci de répondre à une demande croissante du consommateur, la laiterie s'est équipée d'un matériel hautement performant dont une nouvelle conditionneuse de 220 portions/ Minute, et une ligne complète du fromage barre.

En juin 2004, la SARL laiterie DJURDJURA s'affiche sous la nouvelle dénomination RAMDY. En octobre 2009, la SARL RAMDY a repris la production de yaourts et crèmes desserts.

## **Annexe n°02**

### **Composition de la poudre du lait Loya (marque Algérienne)**

<b>Composition Moyenne</b>	<b>Par 100g</b>
<b>Protéines lactiques</b>	<b>24g</b>
<b>Glucides</b>	<b>38g</b>
<b>Lipides</b>	<b>28g</b>
<b>Calcium</b>	<b>835mg</b>
<b>Magnésium</b>	<b>80mg</b>
<b>Phosphore</b>	<b>690mg</b>
<b>Fer</b>	<b>0.2mg</b>
<b>Sels minéraux</b>	<b>6g</b>

### **Annexe n°3**

#### **Référence des ferments utilisés**

Chr. Hansen SA.

DN542024.

<b>Réactifs, solutions et milieux de culture</b>	<b>Instruments et appareillages</b>
--	-------------------------------------

Batch n°: 3328481.

Material no: 200957.

BBD/DLUO: 01/2018.

Net weight: 500G.

Storage à - 45°C

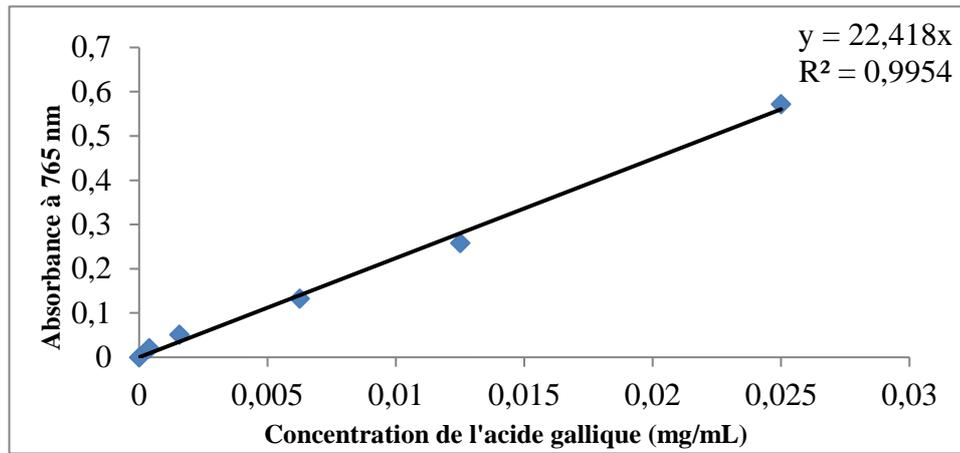
### **Annexe n°4**

#### **Matériel non biologique utilisé en expérimentation**

Hydroxyde de Sodium (NaOH) (0,1 N).  
Phénolphtaléine.  
Baird Parker. Milieu de culture  
M17. Milieu de culture  
MRS. Milieu de culture  
VRBL. Milieu de culture  
Sabouraud. Milieu de culture

Bec Bunsen.  
Emboues stériles.  
Micropipette de 1000µl.  
Pipettes Pasteur.  
Agitateur magnétique.  
Autoclave.  
Bain Marie.  
Balance analytique .  
Centrifugeuse.  
Etuve.  
Becher.  
Micro-ondes.  
Ciseau  
pH mètre.  
Spectrophotomètre (UV-visible).  
Thermomètre.

## Annexe n° 5



Une courbe d'étalonnage par l'acide gallique

## Annexe n°6

### Valeurs critiques des sommes des rangs

Nombre de dégustateurs	Nombre d'échantillon									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	3-6	3-9	4-11	4-14	4-17	5-19	5-25	5-25	5-28	6-30
4	4-8	5-11	6-14	6-18	7-21	7-25	8-28	9-31	9-35	10-38
5	6-9	7-13	8-17	9-21	10-25	10-30	11-34	12-38	13-42	14-46
6	7-11	8-16	10-20	11-25	12-30	13-35	15-39	16-44	17-49	18-54
7	8-13	10-18	12-23	13-29	15-34	17-39	18-45	20-50	21-56	23-61
8	10-14	12-20	14-26	16-32	18-38	20-44	22-50	24-56	25-63	27-69
9	11-16	14-22	16-29	18-36	21-42	23-49	25-56	28-62	30-69	32-76
10	12-18	15-25	18-32	21-39	24-46	26-84	29-61	32-68	34-76	37-83

## Annexe n°7

### **Les coliformes totaux et fécaux**

Les coliformes présentent des risques d'infections pour le consommateur et ils ont des conséquences technologiques négatives : fermentation des sucres avec production de gaz, d'acides et d'autres substances visqueuses à saveur souvent désagréable. C'est pour cela qu'on devrait s'assurer que leur nombre dans le produit alimentaire ne dépasse pas les normes. Les coliformes fécaux sont des germes d'indice de contamination fécale se caractérisent par leur pouvoir de se multiplier à 44°C.

### **Les *Streptococcus thermophilus***

Ce sont des microorganismes thermophiles formant des colonies lenticulaires de 1 à 2mm de diamètre sur milieu M17. Ils ont un aspect macroscopique présentent des cellules sphériques ou ovoïdes (0,7 à 0,9 um de diamètre) par paires ou en chaîne longues. Elles sont Gram + et catalase négatifs.

### **Les levures et moisissures**

Les moisissures saprophytes contaminent les aliments et les dégradent en point de vue qualitatif, certains sont toxiconogènes et représentent un danger pour le consommateur (Bourgeois et Leveau, 1991). Les levures ne posent pas de problème de toxi-infection alimentaire mais elles dégradent les produits acides et sucrés en modifiant la qualité organoleptique du produit, elles se multiplient entre un pH 3 et 7,5 et leurs températures de développement entre 25-28°C (Guiraud et Galzy, 1980).

### **Les *Staphylococcus aureus***

Il appartient à la famille des micrococcaceae, l'espèce *Staphylococcus aureus* doit être recherchée dans la majorité des produits laitiers, elle est entéro toxigène et responsable d'une toxi-infection alimentaire (Gledel, 1988).

### ***Lactobacillus bulgaricus***

*Lactobacillus bulgaricus* est un bacille Gram+, immobile, asporulé, micro aérophile (Doleyres, 2003) et thermophile. Cette bactérie possède un mécanisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique à partir des hexoses. Sa température optimale de croissance est approximativement 42°C. Elle a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptique et hygiénique du yaourt (Marty-Teyssset et Garel, 2000).

