

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université MOULOUD MAMMERY de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département d'Agronomie



MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Option: Transformation et Conservation des Produits Agricoles

Thème

**Essai d'élaboration d'un yaourt de type
fonctionnel amélioré par les extraits de
phycocyanine et de jujube**

Présenté par :

M^{elle}. HADJARAB Fatiha

M^{elle}. TALEB Djedjiga

Devant le jury:

Président : Mr SADDOUDI. R

Maître de Conférences (B) (UMMTO)

Examineur : Mr YESLI. A

Maître Assistant (A) (UMMTO)

Examinatrice : M^{me} RAMANE. Y

Maître Assistante (B) (UMMTO)

Promotrice : M^{me} BENAHMED DJILALI. A Maître de Conférences (A) (UMMTO)

Soutenu le : 14-07-2016

Remerciements

On remercie avant tout, Dieu tout puissant pour nous avoir donné, le courage afin de réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier Madame **BEN AHMED DJILALI Adiba** maître de conférence B à l'UMMTO, pour avoir proposé et dirigé ce travail par de précieux conseils et orientations. Qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde et sincère reconnaissance.

Nous remercions les plus sincères à **Mr SADDOUDI** maître de conférence A chargé de cours à l'UMMTO, pour avoir fait l'honneur de présider le jury.

Nous remercions aussi **Mme REHMANE.Y** maître d'assistante B pour avoir accepté de faire partie des membres du jury.

On tient également à remercier **Mr YESLI.A** maître de assistant A chargé de cours à l'UMMTO, pour avoir accepté de faire partie des membres du jury.

Nos vifs remerciements vont également à tous le personnel des laboratoires communs (I et II) de l'UMMTO ainsi que le personnel des laboratoires communs et de recherches de l'Université M'HAMED BOUGARA de Boumerdes et spécialement l'ingénieure de laboratoire de rhéologie (FATIHA) de nous avoir effectué la viscosité de nos yaourts élaborés

On remercie Monsieur Saifi Amirouche ingénieur de laboratoire de chimie de Hasnaoua de l'UMMTO de nous avoir effectué l'analyse de la MEB.

Nous remercions nos familles respectives pour tout le soutien et l'aide qu'ils nous ont apportés.

On remercie enfin, tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci à tous

DEDICASES

Dieu merci

Je dédie ce modeste travail:

Ma douce et tendre mère pour son amour, ses conseils précieux et son soutien moral, je la souhaite une longue vie pleine de bonheur et de sante

A la mémoire de mon père, que Dieu le garde dans son vaste paradis

Amon chère frère Rabah a qui je souhaite une très grand réussite dans sa vie

A mes chères sœurs : Ferroudja pour ses efforts qu'elle n'a cessés de fournir pour ma réussite, Tassadit, son mari et ses enfants: Aziz et Yanis et samy

Ma chère tante, mon ancle qui est toujours a mes cotes

A mes amis(es)

En fin a toute la promo tcpa2015/2016

Djidji

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail A mon cher père qui m'a appris le sens de la persévérance tout au long de mes études, pour son sacrifices conseils et ses encouragements.

A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie ma mère qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité. Je souhaite qu'ils trouvent à travers ce mémoire le faible témoignage de leurs efforts et sacrifices. Que Dieu vous protège.

*A mes chers frères et mes chères sœurs ;
A tous ceux qui me sont chère et que je n'ai pas pu citer*

A l'ensemble de tous les étudiants et étudiantes de ma promotion.

TCPA 2015/2016

Fatiha

Résumé

L'objectif principal de ce travail consiste à étudier la possibilité d'élaborer un nouvel agent de coagulation et de texturation à base des ferments lactiques, et les deux extraits de spiruline et de jujube. Pour cela, plusieurs combinaisons suivies par des essais de coagulation du lait ont été réalisées.

Le meilleur agent de coagulation a été utilisé pour l'élaboration d'un yaourt de type fonctionnel. L'évaluation de certaines propriétés physico-chimiques, organoleptiques et rhéologiques des yaourts élaborés a été réalisée.

Les résultats d'analyses montrent que la formulation F3 est la meilleure.

Mots clés : yaourt fonctionnel, extraits de spiruline et de jujube

Summary

The main objective of this work is to study the possibility of developing a new clotting agent and texturing base of lactic ferments and both extracts of Spirulina and jujube. For this, several combinations followed by milk coagulation assays were performed.

The best clotting agent was used for the development of a functional type of yogurt.

Evaluation of some physico-chemical, organoleptic and rheological elaborate yoghurt was performed.

Analytical results show that the formulation F3 is the best.

Keywords: functional yoghurt, spirulina extract and jujube

Sommaire

Introduction	1
---------------------------	---

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le yaourt

1-1 Définition	3
1-2 Les ferments lactiques de yaourt	3
1-3 Propriétés fonctionnelles des ferments	4
1-4 Comportement associatif des deux souches.....	5
1-5. Les enzymes utilisés en coagulation	6
1-6 Technologie de fabrication du yaourt	7
1-7 Différents types de yaourt	11
1-8 Effets bénéfiques des yaourts.....	11

Chapitre II : généralités sur la *Spirulina* et *Zizyphus jujuba*

2-1 Généralités sur la spiruline.....	14
2-1-1 Composition biochimique.....	15
2-3. Généralités sur le <i>Zizyphus jujuba</i>	18
2-3-1 Composition biochimique	19
2-3-2-Activités biologiques et thérapeutiques	20

Partie expérimentale

Chapitre III : Matériel et méthodes

3-1 Cadre de l'étude	22
3.2 Matériel	22
3-2-1 Matériel biologique.....	22
3-2-3-Matériel végétal	22
3-3 Méthodes.....	23
3-3-1-Préparation de l'extrait de spiruline	23
3-3-2-Extraction et purification d'extrait de <i>Zizyphus jujuba</i>	24
3-3-3 Immobilisation des agents de coagulation	25
3-3-4 Différentes essais de coagulation du lait	26
3-4 Méthodes d'analyses physico-chimiques.....	28
3-4-1 Détermination du pH	28
3-4-2 Détermination de la teneur eau	28

3-4-3 Dosage de la phycocyanine	29
3-4-4 Analyse des sucres	29
3-4-5 Dosage des protéines	31
3-5 Elaboration de différentes formulations de yaourt	32
3-5-1 Déroulement de l'analyse sensorielle	36
3-5-2 Analyse de la meilleure formulation de yaourt.....	36
3-5-3 détermination de la microstructure des yaourts au MEB	37

Chapitre IV : Résultats et discussions

4-1 Caractéristiques physico-chimiques du jujube.....	38
4-2 Caractéristiques physico-chimiques de la spiruline	39
4-3 Résultats des essais de coagulation de lait.....	40
4-3-1 Coagulation par les agents libres	40
4-3-2 Coagulation du lait par les agents immobilisés	43
4-4 Résultats d'analyse sensorielle des yaourts	43
4-5 test de stabilité des yaourts à 4°C	46
4-6 résultats de la structure microscopique de yaourts élaborés	50
Conclusion	52

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Figure 1 : schéma illustrant les interactions de <i>Streptococcus thermophilus</i> et <i>Lactobacillus bulgaricus</i> en culture mixte dans le lait	6
Figure 2 : Diagramme général de la fabrication du yaourt	10
Figure 3 : Aspect de la spiruline étudiée (d'origine de Maroc)	14
Figure 4 : structure chimique de la phycocyanine	17
Figure 5 : fruit de <i>Zizyphus jujuba</i>	18
Figure 6 : Variété <i>Zizyphus jujuba</i> achetée de la région de Draa el Mizan.	23
Figure 7 : Diagramme d'obtention d'extrait de phycocyanine	23
Figure 8 : Méthode d'obtention d'extrait pur de jujube	24
Figure 9 : purification d'extrait de jujube dans le sac de dialyse	25
Figure 10 : Aspect des billes utilisées dans les essais de coagulation du lait et des yaourts	26
Figure 11 : Schéma de base de fabrication des yaourts	35
Figure 12 : Rhéomètre AR 2000	37
Figure 13 : les différents essais de coagulation de la coagulation de lait	42
Figure 14 : classement des yaourts élaborés selon la couleur	44
Figure 15 : classement des yaourts élaborés de point d'vue odeur.	44
Figure 16 : classement des yaourts élaborés de point de vue goût	45
Figure 17 : classement des yaourts de point de vue texture	45
Figure 18 : Evolution du pH, en fonction du temps de conservation à 4 °C des yaourts	46
Figure 19 : Evolution de l'acidité, en fonction du temps de conservation à 4 °C des yaourts	47
Figure 20 : Evolution de taux synérèse, en fonction du temps de conservation à 4 °C des yaourts	47
Figure 21 : Evolution de la viscosité, en fonction du temps de conservation à 4 °C des yaourts Etudier	49
Figure 22 : différentes formulations de yaourt réalisées	49
Figure 23 : résultats du teste stabilité de la meilleur formulation	50
Figure 24 : structure microscopique de yaourt	51

Liste des tableaux

Tableau I : Valeur nutritionnelle d'un pot du yaourt	12
Tableau II : Composition en minéraux de la Spiruline en $\mu\text{g/g}$ de sa matière sèche	16
Tableau III : Teneurs en pigments de la spiruline	16
Tableau IV : Différents essais de coagulation du lait	27
Tableau V: composition des différentes formulations de yaourts préparées	32
Tableau VI: Composition biochimique du jujube frais	38
Tableau VII: Composition biochimique de la spiruline	39
Tableau VIII : paramètres de coagulation du lait par les différents agents de coagulation	40
Tableau IX : vitesse de coagulation du lait en utilisant les billes préparées à base du mélange optimisé M2	43
Tableau X : Résultats des analyses physico-chimiques après une journée et 21 jours du jour de fabrication.	50

Liste des abréviations

BSA : albumine sérique bovine ou (bovin sérum albumin)

° **D**: Degré Dornic

DO : Densité optique

ESP : exopolysaccharides

F : Formulation

FAO : Food Agriculture Organisation

J+1 : Une journée après le jour de fabrication

J+3 : Trois jours après le 1^{er} jour de fabrication

J+7 : Sept jours après le 1^{er} jour de fabrication

PHY : phycocyanine

MEB: microscope électronique à balayage

N: Normal

ST : Sucres Totaux

SR : Sucres Réducteurs

V/V : Volume /Volume

Y : Yaourt

Z : *ziziphus*

INTRODUCTION

Introduction

Les plantes médicinales représentent une source inépuisable des substances et composés naturels bioactifs. Elles sont considérées comme une source de revenu non négligeable pour de nombreuses populations.

Zizyphus jujuba est une espèce médicinale cultivée en Algérie, largement utilisée dans le traitement traditionnel et d'ailleurs elle possède plusieurs activités thérapeutiques: anti-inflammatoire (BORGHI et al., 2006), antifongique (LAHLOU et al., 2002), anti-ulcérogénique (Borgi et al., 2008) et elle traite l'anémie (BENHMED DJILALI et al. 2016).

De plus, cette espèce est réputée par ses propriétés antioxydantes (AFAQ et al., 2005), antidiabétiques (JAFRI et al., 2000) anti-microbiennes (Braga et al., 2005) et anticancéreuses (KIM et al., 2002).

D'autre part, la spiruline est une micro-algue bleu-vert, considérée comme une ressource alimentaire non conventionnelle. Ladite micro-algue a été proposée dans l'alimentation humaine (FAO) par plusieurs scientifiques et nutritionnistes grâce à ses qualités nutritionnelles exceptionnelles, pouvant contenir jusqu'à 70% de protéines, elle est riche en sels minéraux, en oligo-éléments et en nombreuses vitamines (B1, B2, B12, E...) (SALL et al., 1999).

Différentes études ont démontré le rôle de la spiruline dans la prévention de nombreuses pathologies comme le cancer, les maladies cardiovasculaires et le vieillissement prématuré (REDDY et al., 2000 ; GIRARDIN-ANDREANI, 2005). Comme conséquence, il y a plusieurs applications de la spiruline dans l'alimentation humaine nouilles instantanées pour enfants (XU, 1993), boissons (ZENG ET LIANG, 1995) et comprimés (YAMAGUCHI, 1997; BENAHMED DJILALI, et al. 2011).

Ces dernières années, la majorité des études scientifiques sont centrées sur l'application des principes actifs dans les différents domaines d'industries afin de résoudre des problèmes d'ordres biologiques ou technologiques citant l'exemple de l'incorporation des probiotiques tel que l'inuline, les fibres, exopolysaccharides dans les produits laitiers comme agent de texturation (OLIVEIRA et al. 2011).

En effet, plusieurs facteurs peuvent influencer la qualité des produits fermentés tels que le procédé de fermentation (température de traitement thermique,..); la composition du lait (matière sèche), sucre,....

Il est connu que *Streptococcus thermophilus* est un microorganisme responsable de la fermentation de yaourt (taux de croissance élevé), et une parmi les causes de l'augmentation du phénomène de synérèse des yaourts (DONKOR et al ; 2007).

Introduction

Les ferments lactiques comme *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacilles* et *Bifidobacteria* responsables de la synthèse des exopolysaccharides (EPS) (MAYO et al., 2010 ;TAMIME, 2005). L'addition des exo polysaccharides augmente la viscosité et la fermenté des yaourts.

C'est dans ce contexte que notre travail s'inscrit, vise l'incorporation de deux extraits enzymatiques (extrait de phycocyanine issu de la spiruline et extrait de *Ziziphus jujuba*) dans un yaourt en vue une substitution totale ou partielle des bactéries lactiques.

-Les objectifs ambitionnés à travers cette étude sont les suivants :

-Élaboration d'un nouvel agent de coagulation et de texturation

-Essais de fabrication d'un yaourt de type fonctionnel à base le meilleur agent de coagulation

-Evaluation de certaines propriétés physico-chimiques, organoleptiques et rhéologiques des yaourts élaborés.

Le présent manuscrit comporte trois parties, à savoir :

La première est une synthèse des données bibliographiques qui se divise en deux chapitres : le premier correspond à une représentation de procédé de fabrication de yaourt. Le deuxième chapitre traite quant à lui la description de la spiruline et le jujube.

La deuxième partie porte sur les manipulations et les expérimentations faites sur la l'extraction des deux extraits (de jujube et de spiruline), les essais de coagulation par les différents agents (libres et immobilisés), les essais d'élaboration d'un yaourt à base le meilleure agent de coagulation ainsi que les différentes analyses (organoleptiques, physicochimiques et rhéologiques) réalisées sur la meilleure formulation de yaourt,

La dernière partie révèle tous les résultats obtenus ainsi que leur discussion, et à la fin, on termine par une conclusion.

Partie bibliographique

1-1 Définition

La dénomination «yaourt» ou «yoghourt» est réservée au lait fermenté obtenu par le développement de deux bactéries lactiques thermophiles spécifiques (*Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*) qui doivent êtreensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit fini à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme.

La quantité d'acide lactique libre ne doit pas être inférieure à 0,8g /100g dans le produit destiné à la consommation (MAHAUT et *al.*, 2000).

1-2 Les ferments lactiques

1-2-1 *Streptococcus thermophilus*

Représente la seule espèce à intérêt industriel et nutritionnel du genre *Streptococcus*. Elle est formée de sphères plus ou moins ovoïdes groupées en paires, en chaînes ou en amas (LUQUET, 1985). C'est une espèce thermophile avec un optimum de croissance de 42 à 43°C, thermorésistante à 60°C (parfois 65°C) pendant 30min et inapte à croître en présence de 4% d'NaCl et à pH de 9,6 (LEVEAU et BOUIX, 1993).

St.thermophilus présente un caractère homofermentaire. Cette première dégrade préférentiellement le lactose et le saccharose mais fermente aussi le glucose et le fructose en produisant de l'acide lactique L(+). La croissance de cette espèce est inhibée par de fortes concentrations en lactose (TERRE, 1986).

En effet, elle est responsable de l'acidification et la texturation des laits fermentés. L'augmentation de la viscosité de ces derniers est due à la production de polysaccharides composés de galactose, glucose, ainsi que de petites quantités de rhamnose, arabinose et de mannose (BERGAMAÏER, 2002).

1-2-2 *Lactobacillus bulgaricus*

Les cellules de cette espèce ont la forme de bâtonnet groupé en chaînes, caractérisées par leur dépendance dans le lait. Elles présentent une faible aptitude à dégrader d'autres sucres que le lactose et le glucose, et produit exclusivement l'isomère D(-) de l'acide lactique.

La température optimale de croissance de cette espèce est de 43 à 48°C, le pH varie de 6,4 à 4,5, mais elle est inhibée quand le pH varie de 4,0 à 3,6 (LARPENT et BOURGEOIS, 1989).

Lb. Bulgaricus est une bactérie micro aéroophile, produit des exo polysaccharides, très exigeante en Ca⁺⁺ et Mn⁺⁺ et elle survit mieux à la congélation en présence de calcium

(LARPENT, 1991). Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques des yaourts (MARTY-TEYSSET et al., 2000).

1-3 Propriétés fonctionnelles des ferments

Les ferments commerciaux sont caractérisés et sélectionnés selon certains critères technologiques, souvent codés par des plasmides (BADIS et al., 2005). Ces ferments sont doués de plusieurs activités.

1-3-1 Activité acidifiante

Lb.bulgaricus et *St.thermophilus* sont homofermentaires, produisent à partir du lactose respectivement le lactate dextrogyre (D-) et le lactate lévogyre (L+) (RIZELLO et DE ANGELIS, 2011 ; HARNET et al., 2011). Ces deux espèces possèdent une perméase pour le transport de lactose appelée LacS (FAUCAUD et POOLMAN, 1992; CHEVAUX et al., 2000).

Le lactose est scindé par une β -galactosidase en galactose et en glucose (VINDEROLA et REINHEIMER, 2003 ; HOLS et al., 2005). Le galactose est excrété dans le lait (BOURGEOIS et LAPRENT, 1996) et le glucose est métabolisé en pyruvates par la voie d'Embden Meyer Hoff (STEELE, 2002), ensuite fermenté en lactates grâce à une lactate déshydrogénase (SUDHEER et al., 2005).

L'acide lactique ainsi produit est à l'origine de l'abaissement du pH à une valeur inférieure ou égale à 4, il s'ensuit un réarrangement des molécules de caséines conduisant à la formation d'un réseau gélifié (ZOURARI et DESMAZEAUD, 1991 ; LAMONTAGNE, 2002 ; JEANTEL et al., 2007).

1-3-2 Activité aromatique

La saveur caractéristique du yaourt est due à certains composés tels que l'acétaldéhyde, le diacétyl, l'acétoïne et l'acétone (PERNOUD et al., 2005). Généralement, l'acétaldéhyde est le composé prédominant responsable du goût de yaourt (LAMONTAGNE, 2002). Il provient soit des pyruvates après décarboxylation ou de la thréonine par l'action de la thréonine aldolase (IYER et al. 2010, BENNAMA et al., 2011).

1-3-3 Activité texturante

Les exo polysaccharides (EPS microbiens) sont employés comme des additifs dans divers produits alimentaires, ils améliorent la viscosité et la texture des produits laitiers (BERGMAIER *et al.*, 2001 ; ASLIM *et al.*, 2005).

Les EPS produits par *Lb.bulgaricus* sont composés principalement de glucose et galactose ou de glucose, galactose et rhamnose (FABER *et al.*, 2001).

Cependant, ceux produits par *St.thermophilus* contiennent du glucose et du galactose majoritairement, d'autres monomères tel que le rhamnose, le N-acétyl glucosamine et le N-acétylgalactosamine peuvent être retrouvés comme unités constitutives répétées (VANINGELGEM *et al.*, 2004).

1-3-4 Activité protéolytique

La protéolyse est un phénomène impliqué au cours de la fabrication de yaourt et autres laits fermentés. C'est la dégradation progressive des produits du caillé, en peptides et en acides aminés. Cette réaction participe au développement de la saveur et de l'arôme ou de leurs précurseurs (JACQUET et LEINOIR, 1990).

1-4 Comportement associatif des deux souches

Sterptococcus thermophilus et *Lactobacillus bulgaricus* se développent en association (appelée Protococpération) dans des cultures mixtes (figure1) ayant un intérêt à la fois d'ordre Technologique et nutritionnelle. Ces bactéries, par leur activité acidifiante, ont un effet bénéfique du point de vue qualité hygiénique du produit. En parallèle, elles engendrent des produits secondaires qui contribuent à la qualité organoleptique du yaourt.

De point de vue nutritionnel, l'activité fermentaire de ces espèces lactiques favorise une solubilisation des différents constituants du lait, améliorant ainsi leur biodisponibilité (COURTIN *et al.*, 2002, NGOUNOU *et al.*, 2003).

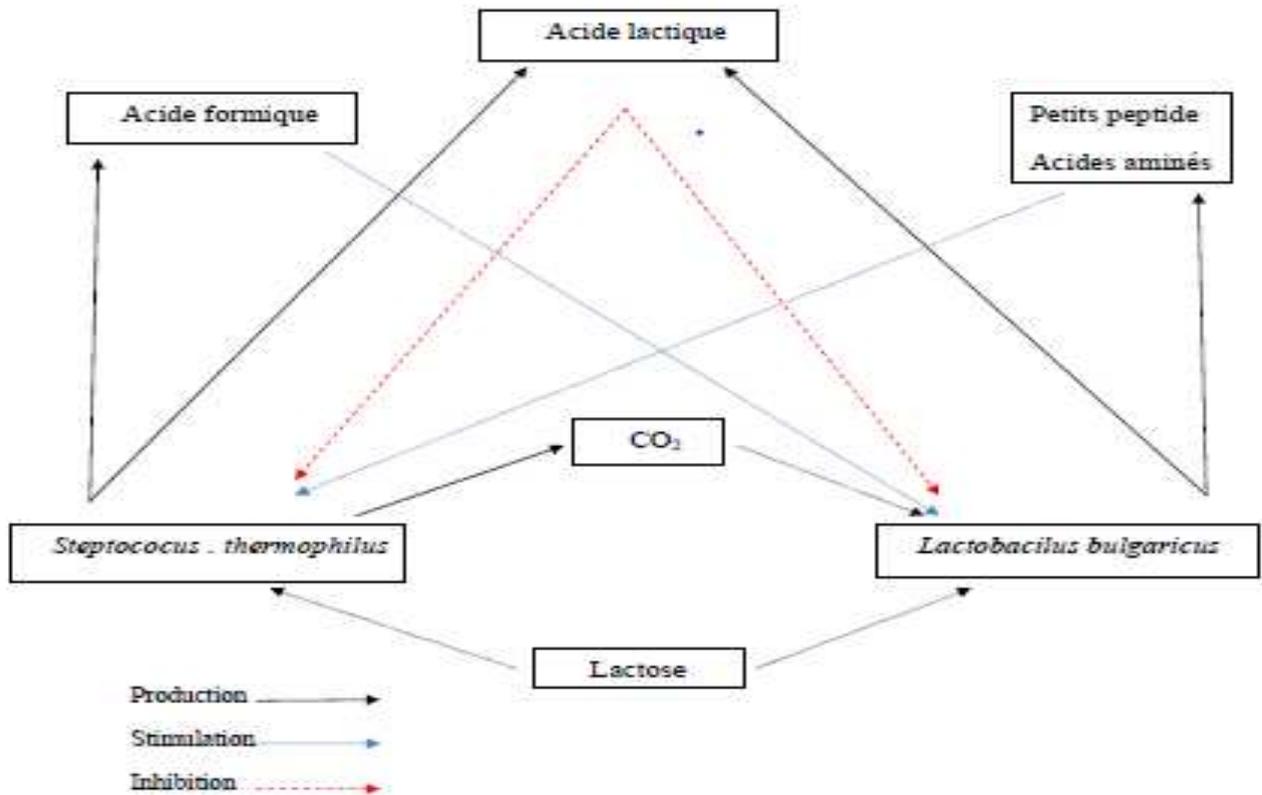


Figure 1 : schéma illustrant les interactions de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* en culture mixte dans le lait (MAHAUT et al. 2000).

1-5 Les enzymes utilisés en coagulation

Différents types d'enzymes ont été utilisés depuis longtemps pour faire coaguler le lait, parmi ces enzymes on peut distinguer selon la source, les enzymes d'origine végétale, celles d'origine animale et celles d'origine microbienne.

1-5-1 Enzymes d'origine végétale

Les protéases d'origine végétale sont par ordre d'intérêt en technologie laitière citant la papaine extraite d'une plante équatoriale et tropicale (*Caricapapaya*), la broméline extraite de l'ananas (*Ananas comosus*), la ficine issue de la figue (*Ficus glabrata*) (CUVELLIER, 1993).

1-5-2 Enzymes d'origine microbienne

L'industrie de fermentation s'est intéressée à la production de protéases susceptibles de remplacer la présure, à partir de micro-organismes. Dans ce but, de multiples espèces de bactéries et de champignons inférieurs ont été étudiées afin de pallier la pénurie mondiale de

Présure, les bactéries les plus utilisées *Bacillus cereus*.

1-5-3 Enzymes d'origine animale

Les protéases gastriques des mammifères adultes sont désignées de pepsine A et pepsine C (gastriscine), alors que la chymosine est associée au développement néonatal de très jeune mammifère.

Les protéases extraites du jus gastrique sont secrétées sous formes inactives (zymogène), et sont activés par les conditions acides du jus gastrique.

1-5-3-1 La présure

La présure est l'extrait provenant de caillettes de jeunes bovidés nourris au lait constituée de deux fractions actives, l'une, majeure, la chymosine, l'autre, mineure, la pepsine dans un rapport de masse de chymosine active/ masse de pepsine bovine active est $\geq 1,38$ (DESMAZEAUD, 1997).

1-5-3-2 Les pepsines

La pepsine est extraite de l'estomac des mammifères adultes ou des pros ventricules de volailles. Elle hydrolyse la plupart des protéines naturelles telles que la caséine, la globuline, et certaines enzymes telles que la trypsine, la papaine et les amylases. Elle attaque préférentiellement les peptides contenant de la L-Phénylalanine ou de la L-Tyrosine et plus généralement les acides aminés à noyau aromatique (YAMAMOTO, 1975).

1-6 Technologie de fabrication de yaourt

1-6-1 Récupération et préparation du lait

Le lait constitue la matière première pour la fabrication de yaourt. Cette fabrication peut se faire soit par le lait reconstitué, le lait recombinaison ou le mélange des deux laits. Cette matière première subira des procédures permettant de vérifier si les limites d'acceptabilités du point de vue microbiologiques et physico-chimiques sont atteintes.

1-6-2 Homogénéisation

L'homogénéisation est un traitement industriel employé principalement pour :

-Stabiliser l'émulsion de la matière grasse du lait afin d'éviter la séparation de la crème par gravité (CAROLE et VIGNOLA, 2002).

-Améliorer la consistance et la blancheur du lait (CAROLE et VIGNOLA, 2002).

-Augmenter la viscosité du lait et par conséquent celle de yaourt induisant une meilleure stabilité des protéines et elle réduit l'exsudation du sérum lors du stockage (PERNOUD et al., 2005).

1-6-3 Traitement thermique

Le lait enrichi subit un traitement thermique à 90-95°C pendant 3 à 5 minutes (MAHAUT et al., 2000). Ce traitement a pour but de :

-Détruire les germes pathogènes et indésirables ainsi que d'inactiver de nombreuses enzymes (SECHET, 2000).

-Dénaturer partiellement des protéines solubles (85% des protéines du lactosérum) et leur fixation sur les caséines. Cette dénaturation a pour conséquence d'augmenter les capacités de rétention d'eau de yaourt entraînant la modification des propriétés rhéologiques du coagulum acidifié. Ainsi, le caillé devient plus ferme et aura la tendance à l'expulsion de sérum au cours du stockage.

Avec ce traitement, le yaourt brassé présente une structure plus homogène et visqueuse et entraîne une production plus importante d'acétaldéhyde (SINGH, 1983).

1-6-4 Refroidissement

Le lait pasteurisé est ramené à une température avoisinant les 43°C pour l'inoculation et l'incubation des ferments lactiques thermophiles (CAROLE et VIGNOLA, 2002).

1-6-5 Ensemencement

L'ensemencement du lait doit se faire à un taux suffisamment élevée, pour avoir l'assurance d'une acidification correcte et il doit être homogène, c'est-à-dire que l'on doit avoir une répartition des germes bonne et régulière dans le lait (LUQUET, 1985).

Généralement, il consiste à inoculer les deux germes spécifiques de yaourt : *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, dont le rapport est de 1/2 V/V (yaourt nature) jusqu'à 1/10 V/V (yaourt aux fruits).

1-6-6 Fermentation

C'est la phase d'incubation, elle correspond au développement de l'acidité dans le yaourt. Cette phase se déroule à une température optimale de 42 à 45°C et sa durée dépend de l'acidité des cultures, du taux d'ensemencement et de la vitesse de refroidissement (BOUDIER, 1990).

Au cours de cette étape une partie du lactose est fermenté en acide lactique, ce dernier entraîne une diminution du pH du lait conduisant à une déminéralisation de la micelle de caséine. Cette déminéralisation provoque une déstabilisation de cette micelle ce qui aboutit à la coagulation.

Selon le type du yaourt produit, ferme ou brassé, la fermentation se déroule respectivement dans des pots ou dans des tanks de fermentation dont la forme, la taille et l'instrument varie (BEAL et SODINI, 2003), et sa durée dépend de l'activité des cultures, du taux d'ensemencement et de la vitesse de refroidissement (BOUDIER, 1990).

1-6-7. Conditionnement

C'est la phase ultime de la fabrication. Les yaourts sont généralement conditionnés dans deux types d'emballages : les pots en plastique (yaourt étuvé ou yaourt brassé) ou des bouteilles en plastique (yaourt brassé).

Lors du remplissage et du dosage des pots, s'effectue l'ajout d'arôme, de pulpe ou de fruit pour les pots multiples, sous protection bactériologique avec air filtré, et la fermeture des pots sera par thermo scellage avec l'impression et le marquage de la date de consommation (LUQUET, 1990).

1-6-7 Conservation et stockage

Le yaourt est conservé au froid, à une température ne devant pas dépasser 8°C pendant 24 jours au plus. Dans ces conditions, les bactéries de yaourt ne se multiplient pas mais conservent néanmoins une activité métabolique (HERMIER et *al.*, 1996). Lorsqu'un récipient est ouvert, il convient de consommer son contenu rapidement pour éviter l'installation des moisissures favorisées par l'acidité (TREMOLIERE et *al.*, 1984). La figure 2 montre les différentes étapes adoptées pour la fabrication des yaourts.

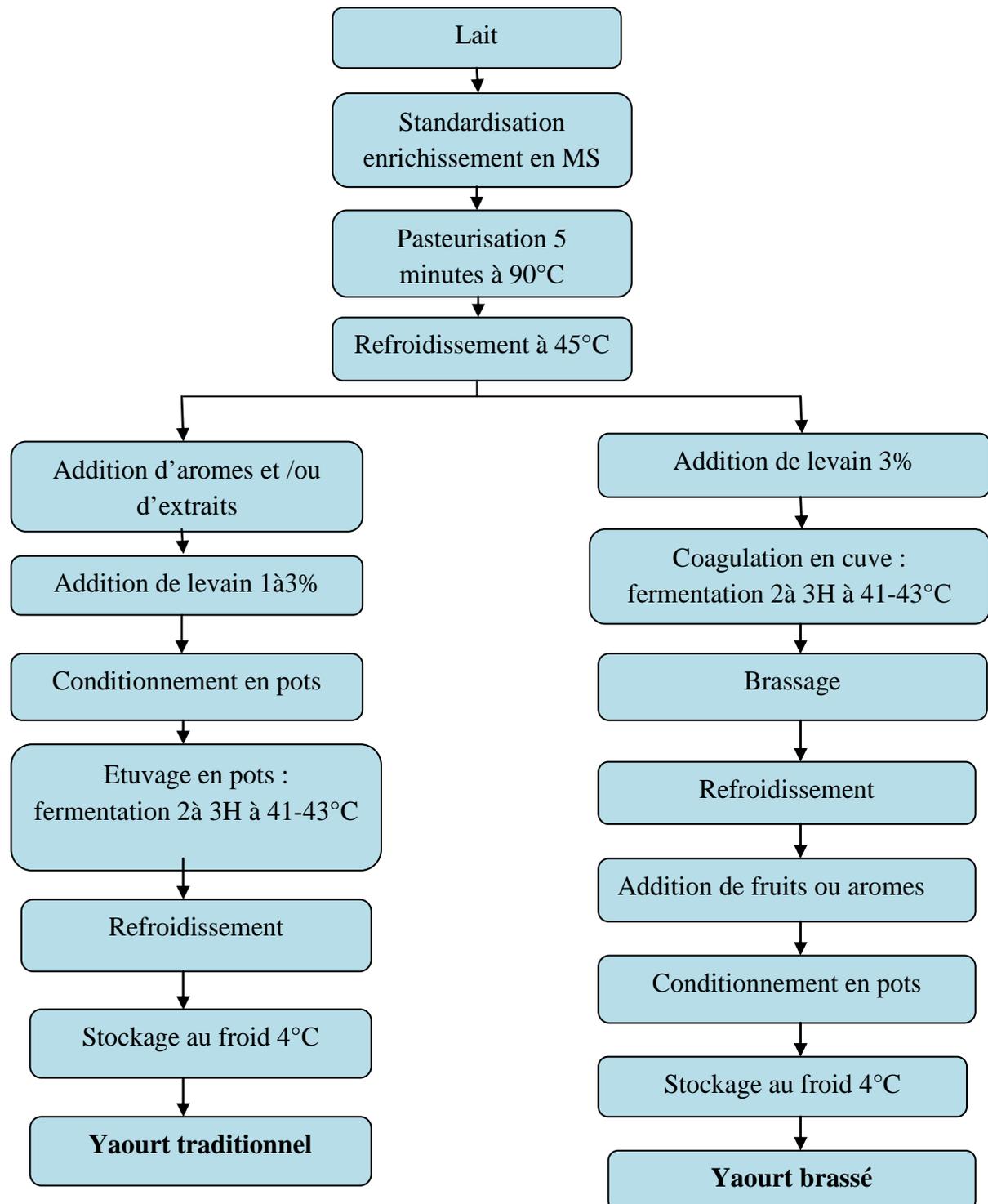


Figure2 : Diagramme général de la fabrication du yaourt (Vierling, 1999)

1-7 Différents types de yaourt

En technologie, il existe trois types de yaourts différents selon leur consistance, yaourts liquides (à boire) brassés ou fermes.

Le yaourt «à boire» ou liquide est battu après avoir été brassé puis conditionné et stocké au froid.

Le yaourt «brassé» est préparé en vrac le caillé subit un brassage puis un refroidissement avant d'être conditionné en pots qui seront stockés au froid.

Le yaourt «ferme» est conditionné en pots après l'homogénéisation des ingrédients, passage à l'étuvage à 45°C puis en chambre froide pour arrêter l'acidification.

1-8 Effets bénéfiques des yaourts

Les yaourts et laits fermentés au même titre que le lait sont des aliments intéressants du point de vue nutritionnel, en outre, ils présentent un certain nombre d'avantages par rapport aux laits non transformés :

1-8-1 Valeur nutritionnelle

- CASALIS, (1975) a montré que, la flaveur des yaourts est due aux substances issues de la dégradation thermique de la matière grasse, du lactose et des protéines du lait.

- Selon CROUX, (1973), certains acides aminés (Thréonine, Méthionine, Tryptophane, Proline...) sont des précurseurs de certains composés aromatiques (acétaldéhyde) qui contribuent à la finesse des yaourts.

- Le calcium contenu dans le yaourt et les laits fermentés se trouve en quantité meilleure que dans le lait (BEAL et SODINI, 2003).

- Les protéines et les matières grasses de yaourt sont plus digestibles que celles du lait. En effet, la proportion d'acides aminés libres, peptides, acides gras libres se trouve augmentée dans le yaourt par rapport au lait grâce à l'activité protéolytique et lipolytique des ferments lactiques au cours de la fermentation (LOONES, 1994).

En consommant quotidiennement ½ litre de yaourt, on couvre entièrement les besoins en vitamines B2, les 3/4 des besoins en calcium, le 1/3 environ des besoins en protéines animales (PEYROT et LARPENT, 1986).

Le tableau 1 présente la valeur nutritionnelle conditionnée à un pot de yaourt.

Tableau I : Valeur nutritionnelle d'un pot du yaourt

	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Ca (g)	Na (g)	K (mg)	P (mg)	Energie (K Joule)
Yaourt Nature	4,15	1,0002	5,2	174	57	210	114	201
Yaourt au Lait entier	3,80	3,5	5,3	171	56	206	112	284
Yaourt nature 0%	4,20	traces	5,4	164	55	180	100	163
Yaourt nature sucré	3,80	1,1	14,5	160	52	195	105	347
Yaourt aromatisé au lait entier	3,20	3,2	12	140	50	190	106	372
Yaourt brassé nature	4,30	1,8	5,2	165	40	205	115	230
Yaourt brassé aux fruits	3,75	1,65	14,5	140	50	190	110	368
Yaourt au lait entier aux fruits	3,10	2,7	16,5	140	45	180	100	431
Yaourt maigre aux fruits	3,60	traces	17,2	140	45	180	100	351

1-8-2 Propriétés thérapeutiques

La présence de bactéries vivantes dans le yaourt aurait propriétés très intéressantes sur la santé de l'homme :

1-8-2-1 Digestibilité du lactose

La présence de bactéries lactiques vivantes dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactose (DE ROISSART et LUQUET, 1994).

1-8-2-2 Guérison des diarrhées

L'utilisation du yaourt comme traitement contre les diarrhées de nourrisson et certaines infections intestinales de l'adulte a donné des résultats très positifs (VRIGAUD, 1982).

1-8-2-3 Diminution du risque de cancer

De nombreuses études ont mis en évidence l'existence d'une relation entre la consommation de laits fermentés et le risque réduit du cancer. Les bactéries lactiques ont un effet inhibiteur sur la prolifération des cellules tumorales (SHAHANI et CHANDAN, 1979).

1-8-2-4. Effet hypocholestérolémiant

Le taux élevé de cholestérol dans le plasma est souvent associé à l'apparition de maladies cardio-vasculaires. L'effet des bactéries lactiques sur le métabolisme du cholestérol est controversé.

Plusieurs études rapportent que, le taux de cholestérol sérique diminue suite à la consommation de produits laitiers fermentés, malgré un apport alimentaire important en cholestérol. L'une des hypothèses proposées pour expliquer cette diminution est l'absorption du cholestérol par les bactéries lactiques (DROUAULT et CORTIER, 2001).

1-8-2-5. Effet antagoniste

Selon ZOUAGHI, (1983), le yaourt par sa flore lactique spécifique exerce un effet antagoniste vis-à-vis des germes pathogènes de l'intestin.

1-8-2-6. Stimulation du système immunitaire

Les bactéries lactiques présentent une action stimulante sur le système immunitaire de l'hôte en agissant sur les cellules impliquées dans l'immunité spécifique ou non spécifique (MARTAU et *al.*, 1994).

2.1-Généralités sur la spiruline

La spiruline est une micro algue d'eau douce appartenant à l'embranchement des cyanobactéries ou cyanophycées. Datant il y a environ 3,5 milliards d'années, elle est considérée comme une source alimentaire de haute qualité nutritive, se présente sous formes d'un filament pluricellulaire bleu-vert, mobile, non ramifié et enroulé en spirale. Ce filament est appelé trichome; sa forme hélicoïdale, observable uniquement en milieu liquide.

Ce micro-organisme est doté du pouvoir photosynthétique, c'est-à-dire qu'il produit de la matière organique (Figure 3) à partir du gaz carbonique et de l'énergie solaire qu'il convertit en énergie chimique utilisée pour réaliser la synthèse d'un grand nombre des métabolites (FLAQUET et *al.*, 2006).

C'est un procaryote vrai il est de type GRAM négatif, malgré son système énergétique photosynthétique (VICENETE. 2008).

La spiruline croit naturellement dans la ceinture tropicale du globe, entre 35°N et 35°S environ. Elle se trouve communément dans des eaux saumâtres, ainsi que dans des lacs salins de régions tropicales et semi-tropicales (CASTENHOLZ et *al.*, 2001) à pH fortement alcalin.



Figure 3 : Aspect de la spiruline étudiée (Originnaire du Maroc).

La classification botanique de la spiruline selon (FOX. et *al.*, 1999) est donnée comme suit :

Règne : Monera ou Bacteria

Sous-règne : Prokaryota

Phylum ou Division : Cyanophyta ou Cyanobacteria

Classe : Cyanophyceae

Ordre : Oscillatoriales

Famille : Oscillatoriaceae

Genre : Arthrospira

Espèce : *S. platensis*

2-1-1 Composition biochimique

2-1-1-1 Les protéines

Les protéines représentent entre 60 et 70% du poids sec. De point de vue qualitatif, ces protéines sont complètes, car tous les acides aminés essentiels figurent, ils représentent 47% du poids total des protéines (BUJARD et al., 1970). Parmi ces acides aminés essentiels, les plus faiblement représentés sont les acides aminés soufrés (méthionine et cystéine) (AYCHUNIE et al., 1996 ; CLEMENT et al., 1967 ; BUJARD et al., 1970).

En effet, la spiruline est caractérisée par un très fort taux de protéines pouvant atteindre jusqu'à 70 % du poids sec de l'algue. C'est l'aliment le plus riche en protéines connu à ce jour puisqu'elle en contient deux fois plus que le soja et trois fois plus que la viande ou le poisson (CLEMENT G, 1975).

2-1-1-2 Les glucides

Les glucides représentent environ 15% à 25% de matière sèche de la spiruline (FOX, 1999, FALQUET, 2006). Les polysaccharides participent dans les propriétés anticoagulantes, immunostimulantes et antivirales.

2-1-1-3 Les vitamines

Il existe 13 vitamines, 4 liposolubles (A, D, E, K) et 9 hydrosolubles (B1, B2, B5, B6, B12, C, PP). La spiruline est très riche en vitamines du groupe B, notamment en vitamine B12 puisqu'elle en contient 4 fois plus que le foie de veau (FALQUET, 1996).

2-1-1-4 Les éléments minéraux

Les minéraux spécialement intéressants de la spiruline sont le phosphore, magnésium, le calcium, et le fer (Tableau II). On note également, la présence de sélénium et de fluor, ces éléments possèdent des effets positifs (lutter contre les radicaux libres, prévention de la carie dentaire) (FALQUET, 1996).

Tableau II : Composition en minéraux de la Spiruline en $\mu\text{g/g}$ de sa matière sèche d'après (FALQUET & HURNI, 2006).

Minéraux	Teneur	Minéraux	Teneur
Calcium	1300-1400	Cuivre	8-10
Phosphore	6700-9000	Chrome	2,8
Magnésium	2000-2900	Manganèse	25-37
Fer	580-1800	Sodium	4500
Zinc	21-40	Potassium	640-1540

2-1-1-5 Les lipides

La spiruline est riche en acides gras insaturés oléique γ - linoléique représente 40%, Cette richesse leur confère des propriétés biologiques très intéressantes (activité anti-inflammatoire et immunostimulante au sein de l'organisme) (CHARPY *et al.*, 2008).

2-1-1-6 Les pigments

La spiruline contient de nombreux pigments photosynthétiques : Chlorophylle (a), β carotène, phycocyanine, phycoérythrine et environ 11 caroténoïdes sont d'excellents piègeurs des radicaux libres (FEDKOVIC, Y *et al.*, 1993 ; BAROSS *et al.*, 2007). Le tableau ci-dessous présente les teneurs des différents pigments de spiruline.

Tableau III: Teneurs en pigments de la spiruline (BELAY, 1997).

Pigments	Teneur (mg/ 100g)
Caroténoïdes	370
Chlorophylle (a)	1000
Phycocyanine	14000

2-1-1-7 La phycocyanine

La phycocyanine est le principal pigment de la spiruline et le seul colorant bleu alimentaire, naturel autorisé en Europe. Ce pigment absorbe et capte les photons puis les transforme en énergie électro biochimique (FOX, 1999).

Plusieurs études attestent de nombreuses et diverses activités biologiques qu'offre la phycocyanine à savoir : anti-oxydante, anti-radicalaire, anti-inflammatoire, anti-tumorale,

amélioration du système immunitaire, hépatoprotection et détoxification (LAMELA *et al.*, 2000).

➤ **Structure chimique de la phycocyanine**

La phycocyanine appartient à un groupe de protéines photorécepteurs appelées phycobiliprotéine. Elle se présente sous forme des halo-protéines en multi-chaines composées d'apoprotéines liées par covalence avec les phycobilins (figure 4). Ces derniers sont des chromophores en chaînes de tétrapyrroles ouvertes (GLAZER, 1994 ; MACCOLL, 1998 ; SUN *et al.*, 2003).

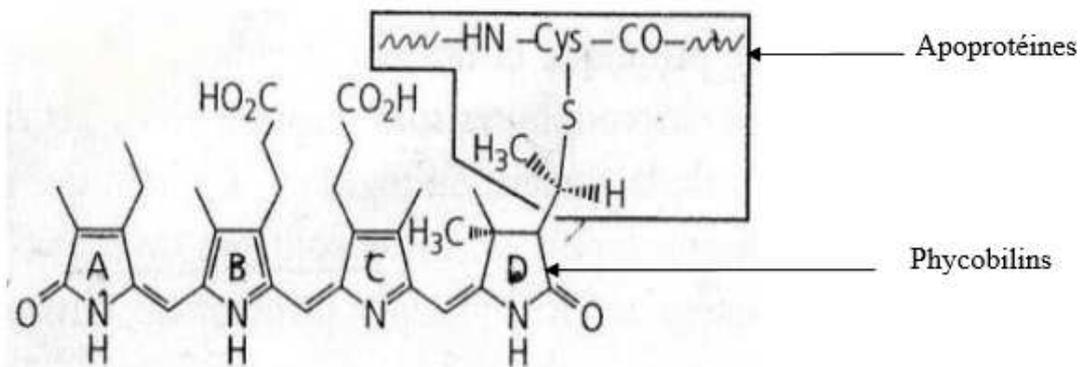


Figure 4: structure chimique de la phycocyanine (BRUNODE REVIERS, 2002)

A,B,C,D les quatre cycles de noyau tétrapyrrolique ouverts

Les phycobiliprotéines sont subdivisées en 3 groupes principaux : phycoérythrine (PE) avec des chromophores de phycoéthrobinolines (PEB), phycocyanine (PC) et allophycocyanine (APC) avec des chromophores de phycocyanobiline (PCB). Certaines organismes peuvent également contenir des phycobiliprotéines qui portent plus d'un type de phycobilines.

2.3. Généralités sur *Zizyphus jujuba*

Le jujubier (*Zizyphus jujuba*) est un arbuste fruitier, épineux appartenant à la famille des Rhamnacées appelé en Afrique du Nord "Anneb" en Berbère Azouggar (QUEZEL et SANTA 1962-1963) (Figure 5).

Il forme des touffes de quelques mètres de diamètres pouvant atteindre 6 à 7m de haut. Il est à port arrondi, à ramure tortueuse à branches vertes épineuses et à écorces fissurées. Les branches présentent une croissance en zigzag.

Ses feuilles sont courtement pétiolées, glabres, caduques alternées et ovales à marges entières. Chaque feuille porte à sa base deux stipules transformées en épine inégale et vulnérable.

Les fleurs sont jaunes, pentamères et groupées en inflorescence cymeuses.

Les fruits sont des drupes à noyaux soudés, l'endocarpe mucilagineux est sucré et comestible (RSAISSI et BOUCHACHE, 2002).

Le jujube s'appelle en Chine " datte chinoise". Il est connu par sa tolérance à la sécheresse et sa grande résistance à la chaleur (PARODA et *al.*, 1989). Il peut être rencontré dans des zones désertiques avec des précipitations très faibles (JAWANDA et *al.*, 1978 ; KIM et *al.*, 1989).

Le jujubier prospère particulièrement bien dans les sols sableux. Il tolère bien le calcaire actif et la salinité (WALALI et SHIREDJ, 2003), il peut se développer dans les plaines et dans latitude 30° S à 51°N, est une espèce méditerranéenne et subtropicale (BABA AISSA, 1999).



Figure 5 : photo de fruit de *Zizyphus jujuba* (site web 1)

La classification adoptée est celle de LAAMOURI (2009) est comme suit :

Embranchement : Spermatophytes.

Sous embranchement : Angiospermes.

Sous classe : Dicotylédone.

Ordre :Rhamnales

Famille : Rhamnacées.

Genre : *Zizyphus*

Espèce : *jujuba*

2-3-1 Composition biochimique

2-3-1-1 Les protéines

Les fruits de *Z.jujuba* contiennent 0,46 % de protéines soit une quantité double que l'espèce *Z. lotus* (0,19 %) (LAAMOURI, 2009).

Les graines de *Z. jujuba* contiennent de 4,75 à 6,86 % de protéines (Li et *al.*, 2007). Ces derniers ont montré une grande diversité en acides aminés dont la thréonine constitue l'acide aminé majoritaire avec un taux de 31 mol (%), la Serine 15,49mol (%), et l'Acide Glutamique 10,02mol (%).

2-3-1-2 Composition en lipides

Les graines du jujubier sont riches en lipides. Elles contiennent de 0,37 % à 1,02 % (SANet *al.*, 2010). La prédominance de l'acide oléique a été démontrée dans les graines (ZHAO et *al.*, 2006) et l'acide palmitoléique dans les pulpes (GUSAKOVA et *al.*, 1999). D'autres études faites sur les graines de *Z.jujuba* ont signalé que les taux des acides gras insaturés varient de 40,4 % à 44,4 % (El AIOUI et *al.*2012).

2-3-1-4 Les sucres

La pulpe contient de 9,6 à 33 % de sucres (PAREEK, 2001) dont 57,61 à 78 % sont des sucres réducteurs (JAWANDA et *al.*, 1980). Parmi ces sucres, on trouve le saccharose (5,6 %), le glucose (1,5 %), le fructose (2,1 %) (SINGH et *al.*, 1983). Les fruits de *Z. jujuba* sont plus riches en sucres totaux que la pomme (12 à 13mg /g MS) et l'orange (15 mg /g MS) (LAAMOURI, 2009).

2-3-1-5 Les vitamines

La pulpe de jujube est largement reconnue par sa richesse en vitamines C et A, en molécules anti oxydantes. La teneur en vitamine C varie entre 24 et 59 mg/100g de pulpe et la teneur en β -carotène est comprise entre 75 et plus de 80 mg/100g.

Les tocophérols ou vitamine E sont connus principalement pour leurs propriétés antioxydantes. Parmi ces entités, on cite l'alpha (α), le gamma (γ), le delta (δ) tocophérols, Ces composés, anticancéreux, sont utilisés à plusieurs fins médicales et cosmétiques. Ils peuvent traiter les maladies cardiovasculaires et immunitaires (DAOOD et *al.*, 1996).

2-3-1-6 Les éléments minéraux

La pulpe de *Z. jujuba* est également riche en éléments minéraux essentiellement le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg), l'azote (N) et le fer (Fe). Les travaux réalisés par LAAMOURI(2009) et LI et *al* (2007) ont prouvé que ce fruit contient 458 mg/100g de potassium, 118 mg/100g de calcium et 51,2 mg/100g de manganèse. En outre, SAN et *al.* (2009) ont montré que 93 % de la fraction minérale est formée par l'azote, le potassium, le calcium et le magnésium.

2-3-2-Activités biologiques et thérapeutiques

Les fruits de *Zizyphus* sont décrits comme adoucissant, et entrent dans le traitement de la gorge et les irritations broncho-pulmonaires. De même, la poudre des feuilles sèches et des fruits sont appliqués dans le traitement des furoncles (BORGHI et *al.*, 2007). D'ailleurs l'écorce des racines du *Zizyphus* est utilisée dans la médecine traditionnelle dans le traitement du diabète (GHEDIRA et *al.*, 1995).

2-3-2-1 Activités anti-inflammatoire et analgésique

Les flavonoïdes et les saponines de l'écorce des racines du *Zizyphus* ont montré une activité anti-inflammatoire significative. (BORGHI et *al.*, 2006).

Les feuilles du *Zizyphus* possèdent des effets analgésiques attribués à leur contenu en principes actifs, les flavonoïdes et les saponines (BORGHI et *al.*, 2007).

2-3-2-2 Activité anti-ulcérogénique

Les feuilles et l'écorce des racines de *Zizyphus jujuba* possèdent une importante activité anti-ulcérogénique attribuée à la présence des tanins et des flavonoïdes connus par leurs effets gastro-protecteurs (BORGHI et *al.*, 2006).

2-3-2-3 Activité antibactérienne

GHEDIRA et *al.*, (1995) a montré qu'un alcaloïde de cette espèce présente une activité Antibactérienne significative, sans négliger l'effet synergique des autres molécules à effet antimicrobien.

2-3-2-4. Activité antifongique et anti -mollusques

Les différents extraits (éthéré, chloroformique, extrait d'acétate d'éthyle et méthanolique) de *Ziziphus* se sont avérés très actifs in vitro vis-à-vis neufs souches de champignons pathogènes par exemple *Aspergillus niger* et de mollusques *Balinus truncatus* (LAHLOU et *al.*, 2002).

3-1 Cadre de l'étude

Notre travail pratique a été réalisée au niveau des laboratoires communs(I) et(II) d'analyses physicochimiques et au niveau du laboratoire de microbiologie de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Les principaux objectifs ambitionnés à travers cette étude sont :

Développer et optimiser un nouveau agent de coagulation en faisant des combinaisons entre les levains lactiques (*Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*) et les deux extraits enzymatiques aqueux de jujube et de spiruline ainsi que leur application dans la préparation d'un yaourt.

Le travail pratique est subdivisé en trois parties sont les suivantes :

- 1-Préparation des extraits enzymatiques de jujube et de spiruline;
- 2-Optimisation des conditions de coagulation du lait par les différents agents de coagulation élaborés (libres ou immobilisés);
- 3-Essais d'élaboration d'un yaourt à base du meilleur agent de coagulation optimisé.

3.2 Matériel**3-2-1 Matériel biologique**

Les souches lactiques *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* nous ont été fournies par l'unité de production de yaourt à Alger.

Ces ferments lactiques sont revivifiés dans l'eau physiologique à 37°C pendant 18 heures avant leur utilisation dans les essais de coagulation. .

3-2-3-Matériel végétal

La spiruline dont on dispose est une *Spirulina platensis* originaire du Maroc, elle est sous forme de bâtonnets secs déshydratés.

La variété de jujube traitée durant cette étude est *Zizyphus jujuba* (figure 6). Cette variété provient de la région de Draa el Mizan(Tizi-ghenif), récoltée durant la période s'étalent entre septembre et décembre 2015. Les fruits ont été conservés au réfrigérateur jusqu'au moment de leur transformation.



Figure 6 : Variété *Zizyphus jujuba* achetée de la région de Draa el Mizan.

3-3 Méthodes

3-3-1-Préparation de l'extrait de spiruline (phycocyanine)

Une quantité de 4 gde spiruline a été macérée dans 100 ml d'eau distillée stérile dans un bain marie pendant 3 heures à 65 °C selon la méthode décrite par AQUILANTI, et *al.* (2011). La solution ainsi obtenue est centrifugée, le surnageant (extrait de phycocyanine) est récupéré et utilisé dans les essais de coagulation du lait et des yaourts.

Il est important de signaler que, la phycocyanine est une protéine plus efficace comme substance anti-inflammatoire (DEGBEY *et al.* 2006).

La figure ci-dessous montre les différentes étapes suivies pour préparer cet extrait.



Figure 7: Diagramme d'obtention d'extrait de phycocyanine

3-3-2-Extraction et purification d'extrait de *Zizyphus jujuba*

L'extrait pur de jujube a été obtenu en respectant la méthode d'extraction signalée par MINA et *al.*(2013). Pour cela, une quantité des morceaux de jujube a été macérée dans l'eau distillée stérile dans un bain marie réglé à 65°C pendant 3 heures. Par la suite, un broyage suivi d'une filtration ont été réalisés.

Le filtrat ainsi obtenu est utilisé dans les essais de coagulation du lait et des yaourts.

En effet, l'extrait pur de jujube possède des sucres, des mucilages et des Exopolysaccharides (EPS) liés aux protéines.

Les différentes étapes respectées pour la préparation de l'extrait pur de jujube sont illustrées dans le diagramme de la figure 8.

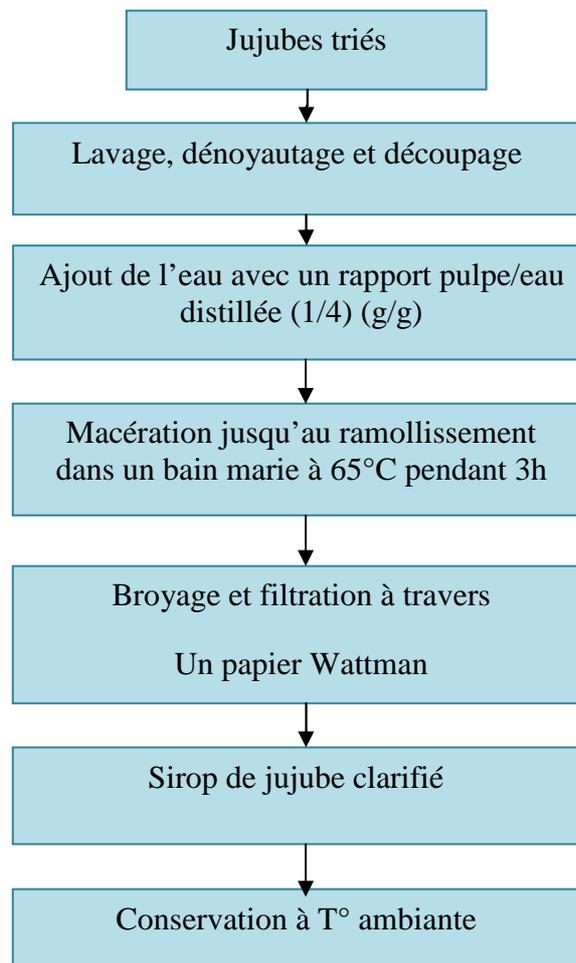


Figure 8: Méthode d'obtention d'extrait pur de jujube (MINA et *al.* 2013)

3-3-2-1 Purification de l'extrait de jujube par dialyse

➤ Précipitation au sulfate d'ammonium

La clarification de l'extrait de jujube obtenu a été réalisée par précipitation au sulfate d'ammonium selon la méthode décrite par Harris et Angel, (1989).

En effet, cette précipitation consiste à récupérer les protéines et à éliminer le maximum des composants indésirables tels que les glucides et les polyphénols. Le degré de clarification dépend de la quantité de sulfate d'ammonium ajoutée (selon le degré de saturation recherché).

➤ La dialyse

Le procédé de dialyse consiste à éliminer les sels (sulfate d'ammonium) liés aux protéines précipitées par une membrane poreuse (boudin de dialyse) vers un liquide (l'eau distillée) (Figure 9). L'eau est remplacée plusieurs fois pendant au moins 12 heures et cette opération s'est déroulée entièrement à 4°C.

Les pores de cette membrane peuvent avoir différentes tailles, certaines membranes ne laisseront passer que des ions alors que d'autres laisseront même passer de protéines de tailles petites.

A la fin de la dialyse, l'extrait de protéines concentré et purifié est récupéré du sac de dialyse et utilisé dans les essais de coagulation du lait et du yaourt.



Figure 9 : purification d'extrait de jujube dans le sac de dialyse

3-3-3 Immobilisation des agents de coagulation

Un gel mixte optimisé à base de carraghénane (4%), d'extrait de phycoyanine (50%) et d'extrait de jujube clarifié (50%) a été préparé. Ce gel a été stérilisé dans le bain marie à 65°C par tyndallisation pendant 3 heures et conservé à 4 °C avant son utilisation dans le processus d'immobilisation.

Une solution de CaCl_2 (4%) stérile a été utilisée comme agent de solidification des gels obtenus.

L'extrusion de ce gel a été réalisée à l'aide d'une seringue stérile suivi d'une gélification dans la solution de CaCl_2 pendant 3 heures à 4°C. Les billes ainsi obtenues (Figure 10) ont été lavées deux fois avec l'eau distillée stérile et conservées à 4°C avant leur utilisation.



Figure 10 : Aspect des billes utilisées dans les essais de coagulation du lait et des yaourts

3-3-4 Différentes essais de coagulation du lait

Différents essais de coagulation du lait sont réalisés (tableau IV) et la (figure11).Trois répétitions pour chaque essai ont été réalisées.

Tableau IV : Différents essais de coagulation du lait.

Nombre d'essais	Nature des agents coagulants	Quantité	Conditions de coagulation
1	Levains lactiques libres	1ml	10 ml du lait, T=45°C
2	Extrait de phycocyanine	1ml	10 ml du lait, T=45°C
3	Extrait de jujube purifié	1-3ml	10 ml du lait, T=45°C
4	Mélanges des extraits de jujube et de spiruline	M1=1ml d'extrait de jujube+ 1ml d'extrait de phycocyanine M2=2,5 ml d'extrait de jujube+2,5ml d'extrait de phycocyanine M3=3ml d'extrait de jujube + 3ml d'extrait de phycocyanine	8ml du lait, 5ml du lait ; 4ml du lait : T=45°C
5	Mélange (Levains lactiques libres +M2)	M4=0,5ml du ferment+0,5ml du mélange M2	10 ml du lait, T=45°C
6	Billes préparées à base du mélange optimisé M2	1-4g	10 ml du lait, T=45°C

3-4 Méthodes d'analyses physico-chimiques

3-4-1 Détermination du pH (NF V 05-108, 1970)

Le potentiel d'hydrogène pH est l'une des variables utilisée pour caractériser les propriétés des milieux.

➤ **Principe**

Détermination en unité de pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en Verre plongées dans une solution aqueuse.

➤ **Mode opératoire**

On coupe en petits morceaux une partie de l'échantillon de jujube, on éliminant les noyaux; par la suite, le produit est placé dans un bécher on y ajoute trois fois son volume d'eau distillée. Enfin, le mélange obtenu est broyé dans un mortier et on procède à la détermination de son pH en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée dans la solution.

3-4-2 Détermination de la teneur eau (humidité) (MULTON et al. 1991)

➤ **Principe**

La teneur en eau est déterminée pour 1g d'échantillon broyé et étalé dans une capsule en Porcelaine puis séché dans une étuve à 105 C°, jusqu' à l'obtention d'un poids constant.

La teneur en eau est définit comme étant la perte du poids lors de la dessiccation (AUDIGIE et al. 1978).

➤ **Mode opératoire**

- On sèche les capsules vides à 105 C° dans un l'étuve pendant 15 min, puis on les refroidit dans un dessiccateur. Par la suite, on pèse dans chaque capsule 1g d'échantillon préalablement broyé et on les place dans l'étuve réglée à 105 °C pendant 3 heures ;

- Les capsules sont retirées de l'étuve, les placer dans un dessiccateur et après refroidissement on les pèse. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 min) pour éviter la caramélisation.

➤ **Expression des résultats**

La teneur en eau et la matière sèche sont déterminées selon les formules suivantes :

$$H\% = \frac{M_1 - M_2}{p} \times 100 \quad (1)$$

H% : humidité

M1 : masse de la capsule + matière fraîche avant séchage en g ;

M2 : masse de l'ensemble après séchage en g ;

P : masse de la prise d'essais en g ;

Matière sèche % = 100-H%(2)

3-4-3 Dosage de la phycocyanine

Principe

La teneur en phycocyanine a été déterminée par colorimétrie en mesurant l'absorbance de la densité optique (DO) à 615 nm et DO à 652 nm de la solution de spiruline préalablement centrifugée à 6000 tours /min (JOURDAN, 2006).

➤ Mode opératoire

La concentration de spiruline sèche mise à tremper dans l'eau autour de 4%.

Le taux de phycocyanine est déterminé par la formule suivante :

T% de phycocyanine = 1.873 × (DO₆₁₅ - 0,474 DO₆₅₂) × DIL / C (3)

Soit

C : concentration en spiruline broyée de cette suspension

DIL : facteur de dilution

3-4-4 Analyse des sucres

➤ Principe

La méthode est basée sur la capacité des sucres réducteurs à réduire l'hydroxyde en oxyde cuivreux selon la réaction suivante :



- On titre à chaud un volume donné à l'aide de réactif de Fehling en présence de bleu de méthylène comme indicateur coloré.

- On met en évidence trois (3) catégories de sucres : sucres totaux, sucres réducteurs et le saccharose.

Avant le dosage on prépare la solution Fehling (voir annexe 2) et deux filtrats (1) et (2) dont la composition est la suivante.

La solution de liqueur de Fehling = la solution A+ la solution B (les deux solutions à même volume).

➤ **Préparation du filtrat (A)**

- On mélange dans une fiole jaugée de 100ml, 20ml de l'échantillon et 5ml de solution d'acétate de plomb ;
- On ajuste avec l'eau distillée jusqu' au trait de jauge puis on filtre le mélange.

➤ **Préparation du filtrat (B)**

- On mélange 50 ml du filtrat (A) et 5 ml d' HCl concentré, puis on porte le mélange au bain marie à 70 °C pendant 5 minutes ;
- On neutralise avec NaOH à 10N en présence de phénophtaléine à 1 % jusqu' à l'apparition d'une couleur rose persistante.

➤ **Dosage des sucres réducteurs**

- On introduit 10 ml de la solution Fehling dans un bécher ;
- On ajuste à 100ml avec l'eau distillée, puis on chauffe jusqu' à l'ébullition.

Le dosage est effectué avec le filtrat (A) obtenu jusqu'à la disparition de la teinte bleue, à ce moment on ajoute 2 gouttes de bleu de méthylène et on continue le titrage jusqu' à ce que la coloration bleue soit remplacée par une coloration rouge brique.

➤ **Expression des résultats**

La teneur en sucres réducteurs (SR), exprimée en (g/l) est donnée par la formule suivante :

$$SR = \frac{240}{v(v1-0.05)} \times 10(5)$$

Soit

V : volume de l'échantillon analysé

V1 : volume du filtrat dépensé

➤ **Mode opératoire du dosage des sucres totaux**

Dans ce dosage, le titrage est effectué avec le filtrat (B) jusqu' à apparition d'une coloration marron cuivrée.

➤ **Expression des résultats**

La teneur en sucres totaux (ST), exprimée en (g/l) est donnée par la formule suivante :

$$ST = \frac{240}{v(v2-0.05)} \times 10(6)$$

Soit

V : volume de l'échantillon analysé

V2 : volume de filtrat dépensé

➤ **Calcul de la quantité du saccharose**

La teneur en saccharose S, exprimée en (g/l) est déterminée par la formule suivante :

$$S = (ST-SR) \times 0,96(7)$$

3-4-5 Dosage des protéines

Les protéines ont été dosées par la méthode de Bradford (1976) dont le principe est basé sur la réaction entre le bleu de Coomassie et les protéines. En milieu acide, il se forme un complexe bleu qui présente un maximum d'adsorption à 595 nm. Une solution étalon de sérum albumine bovine (BSA) de concentration connue ($2\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$) a été utilisée.

Le réactif de Bradford utilisé était constitué de 12,5 mg, 25 ml d'acide phosphorique et 12,5 ml de méthanol puis compléter à 212,5 ml de solution avec l'eau distillée (voir annexe 6).

3-5 Elaboration de différentes formulations de yaourt

La préparation des yaourts a été réalisée au sein de laboratoire physico-chimique (I) en respectant le diagramme de fabrication d'un yaourt standard. Quatre formulations ont été élaborées en faisant des substitutions de trois composés : sucre blanc, extrait de jujube, extrait de phycocyanine et ferment.

Tableau V: composition des différentes formulations de yaourts préparées.

Formulations	F1	F2	F3	F4
Ingrédients				
Lait reconstitué 0% de matière grasse (ml)	1000	900	1000	950
Poudre de lait (g)	30	30	30	30
Sucre (g)	120	120	120	120
Ferments lactiques (g)	10	-	-	25
Les billes (g)	-	-	30	-
Mélange optimisé M (phycocyanine + jujube)(ml)	-	(450ml de l'extrait du jujube +450ml de l'extrait de phycocyanine)	-	-
Ferment +le mélange optimisé (ml)	-	-	-	25ml du mélange optimisé

F1 = Formulation de référence

Les trois formulations et la formulation de référence ont été élaborées en suivant les étapes présentées dans le diagramme ci-après (voir figure n°11).

Etape 01 : Reconstitution

- Le lait enrichi en matière sèche, va subir un traitement thermique de 85 à 100C° à l'aide d'une plaque chauffante pendant 3 à 5 minutes



Etape 02 : Addition des ingrédients

- Cette étape consiste à ajouter au lait préchauffé les ingrédients suivants :
 - sucre
 - poudre du lait
- douce agitation pour éviter la formation des grumeaux



Etape 03 : Homogénéisation

- Cette étape est réalisée à l'aide d'un simple mixeur domestique.



Etape 04 : Pasteurisation

- Pasteuriser le mélange à 85-100°C durant 10-15min pour assurer une longue conservation (21 jours).
Refroidir dans un bain d'eau à 45 C°.

Etape 05 : Adjonction de ferments

- Après refroidissement à 45C°, l'ensemencement est réalisé avec les agents de coagulation
 - **Levains lactiques**
Lactobacilus bulgaricus et
Sterptococcus thermophilus à raison de (10%).
 - **Le mélange optimisé** (50% extrait de phycocyanine+ 50% extrait de jujube) à raison de 1000 ml du mélange /1000 ml du lait (V/V).



Etape 06 : Etuvage

- Les pots ainsi remplis et conditionnés sont envoyés dans une étuve réglée à 45°C pendant 3 heures.



Etape 07 : Refroidissement

- Les pots sont refroidis dans un réfrigérateur à une température de 4°C afin de provoquer le ralentissement de l'activité bactérienne.

Figure 11: Schéma de base de fabrication des yaourts.

3-5-1 Déroulement de l'analyse sensorielle

L'analyse sensorielle a été réalisée par un panel de dégustateurs composé de 50 personnes (hommes et femmes) de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, auxquels on a demandé de se prononcer sur les caractéristiques organoleptiques des quatre formulations de yaourts à savoir la texture, la couleur, le goût, et l'odeur (voir annexe3).

Cette analyse est basée sur le test de classement avec une épreuve de notation sur une échelle de 4 points selon l'acceptabilité générale par ordre décroissant, dans lequel nous avons attribué des valeurs numériques aux appréciations des formulations.

Les yaourts dégustés sont présentés dans des pots codés.

La formulation qui représente un nombre maximum d'appréciations est celle qu'a été choisie de point de vue organoleptique.

Parmi les 4 formulations élaborées une a été retenue comme formulation bien appréciée (F3) les autres ne sont pas conformes aux exigences technologiques.

La formulation F3 est composée de :

- Le lait (1l) ;
- Poudre de lait (30 g) ;
- Sucre (120g) ;
- Les billes préparées à base du mélange optimisé des deux extraits (phycocyanine et de spiruline)(30g).

3-5-2 Analyse de la meilleure formulation de yaourt**➤ Mesure du pH**

Le pH a été mesuré à 20°C avec une sonde de pH -mètre, Deux répétitions de chaque mesure ont été effectuées sur les trois pots de yaourts.

➤ Mesure de l'acidité

L'acidité Dornic du yaourt est titrée par la soude (N/10). Dans un bécher contenant 10g du produit, l'électrode du pH -mètre est immergée dans la suspension. Le contenu du bécher est titré avec une solution d'hydroxyde de sodium N/10, jusqu'au pH de 8,30.

Les résultats sont exprimés en degré Dornic (°D) ou 1 °D correspond à 0,1 g/l d'acide lactique. Deux répétitions de chaque mesure ont été effectuées sur les trois pots de yaourt.

➤ **Mesure de la viscosité**

Les viscosités des yaourts sont mesurées à 20C° avec un Rhéomètre AR 2000 (figure 12).Après quelques jours de conservation. Le yaourt étant un fluide viscoélastique rhéofluidifiant.

Toute manipulation énergique modifie ses propriétés rhéologiques. De ce fait une attention particulière a été portée aux échantillons de yaourts destinés à la consommation



Figure12: Rhéomètre AR 2000

Mesure de taux de synérèse

La synérèse des yaourts est mesurée à l'aide de seringue d'après (TAMIME et *al.*, 1996). La quantité du lactosérum expulsé de 25 g d'échantillon du yaourt est exprimée en millilitres de lactosérum.

3-5-3 Détermination de la microstructure des yaourts au MEB

Principe

La microscopie électronique à balayage consiste à balayer la surface d'un échantillon par un faisceau focalisé d'électrons accélérés à des tensions de 5 à 30 kV. Ces électrons vont interagir avec la surface de l'échantillon. Le signal émis en chaque point de la surface de l'objet est synchronisé avec celui d'un écran vidéo, permet la formation d'une image composite modulée par l'intensité du signal détecté (FONTANILLE et GNANOU, 1994). La structure microscopique des différents yaourts précipités par les deux extraits (phycocyanine et jujube) a été analysée avec un microscope électronique à balayage de type (PHILIPS ESEM XL 30). Cette analyse a été réalisée au niveau du laboratoire de chimie de l'UMMTO.

Partie expérimentale

Résultats et discussion

4-1 Caractéristiques physico-chimiques du jujube

La composition des matières premières est un critère approuvant la qualité du produit fini. Les résultats de la caractérisation du jujube sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau VI : Composition biochimique du jujube frais

Paramètres		Teneurs moyennes
pH à 20°C		4,69±0,003
Teneur en eau (Humidité %)		65±0,0040
Teneur en protéines (%)		4,62±0,01
Teneur en sucres (g/l)	Sucres totaux	32,00
	Sucres réducteurs	18,23±0,00
	Saccharose	16,24

Le fruit de jujube étudié (*Z.jujuba*) présente un pH acide de 4,69. Cette valeur est inférieure à celles signalées par WAFFAA et *al.*, (2011) travaillant sur la même variété avec une valeur de 5,51 et la variété *Z.spina-christi* Linné présentant un pH 5,89.

En comparant le jujube à d'autres fruits, le pH de jujube est presque égal à celui des dattes Degla –Beida (4,8) rapporté par ESPIARD, (2002) et à ceux présentés donnés par SIBOUKEUR et *al.*, (1997) travaillant sur d'autres variétés de dattes de pH qui varient entre 5,18 à 5,60.

Par ailleurs, les prunes possèdent un pH très acide de 3,4-4 (OUAOUICH et CHIMI, 2005).

Cette différence de pH s'explique par la saison de récolte et la composition chimique des fruits étudiés.

D'après les résultats obtenus on remarque que, la teneur en eau du fruit étudié (65%) est similaire aux teneurs signalées par la FAO, (1982) (64 à 85 %) correspondantes à la même espèce cultivée en chine.

Comparativement aux valeurs trouvées pour d'autres variétés du même genre d'occurrence, la valeur obtenue reste égale à celle de *Z.mauritiana* (59 - 68 %) TOURY et *al.*, (1961-1967) et *Z.lotus* (64-85%) (BABA AISSA, 1999).

La teneur en protéines de fruit de jujube est de 4,62%. Cette teneur est proche à celles avancées par plusieurs chercheurs. Il est à noter que, cette concentration change selon le type d'espèce et les conditions de culture comme cela a été souligné par plusieurs chercheurs

PREEK, (2001) a montré une teneur de 2,9%MS, SAADOUDI, (2008) a mentionné des teneurs variant de 4,75 à 6,86 % MS et SOUCI et *al.*, (2008) a déclaré une teneur de 1,4% MS.

En ce qui concerne les sucres, la variété étudiée renferme une valeur en sucres totaux de 32%, qu'est comparable à celles signalées par CATOIRE et *al.*,(1999) de l'ordre de 20 à 32% pour la même variété de jujube.

De même, cette teneur est similaire à celles trouvées pour l'espèce *Z. mauritiana*(9,6-33%) (PAREEK, 2001) et *Z.lotus* (20-32%)(BABA AISSA, 1999).

4-2Caractéristiques physico-chimiques de la spiruline

Les résultats de certains paramètres physico-chimiques de la spiruline sont résumés dans le tableau ci –dessous.

Tableau VII: Composition biochimique de la spiruline

Paramètres	Teneurs moyennes
pH à 20°C	6,67±0,00
Humidité (%)	15,34±0,46
Taux de protéines(%)	54,03±0,03

La spiruline utilisée dans la présente recherche présente un pH presque neutre de 6,67±0,001. Cette valeur est légèrement inférieure à celles recommandées par les normes françaises qui varient entre 7 et 9.

Cette variation serait due aux conditions de séchage non appropriées. Selon BENAHMED DJILALI, (2012), le pH est d'autant plus bas que la spiruline est bien essorée avant séchage.

La spiruline possède une teneur en humidité légèrement élevée (15,34±0,46%) par rapport à celle rapportée par JOURDAN, (2006), cette différence est due aux facteurs extérieurs liés à la période d'entreposage.

La teneur en protéines de la poudre de spiruline obtenue (54,037±0,035) est similaire à celles déclarées par FLQUET et *al.*,(2006) qui oscillent entre 50 et 70 %. Par contre, cette valeur est légèrement inférieure à celle démontrée par JOURDAN, (2006) qui avoisine les 65%.

4-3 Résultats des essais de coagulation du lait

4-3-1 Coagulation du lait par les agents libres

Les résultats des essais de coagulation en utilisant les différents agents de coagulation sont présentés dans le tableau VIII.

Tableau VIII : paramètres de coagulation du lait par les différents agents de coagulation (n=3)

Nombre d'essais	Nature des agents coagulants	Temps de coagulation (mn)	Volume de synérèse (ml)	Poids de caillé (g)	pH à 20°C	
1	Levains lactiques libres	105	6,5	1,5	5,13	
2	Extrait de phycocyanine	1380	7,5	2,03	4,43	
3	Extrait de jujube purifié (ml)	1	215	7,4	1,4	4,06
		2	205	8,4	2,6	4,56
		3	200	9,2	2	4,45
4	Mélanges des extraits (jujube et spiruline)	M1	170	7,5	1,9	4,5
		M2	150	8,03	1,6	4,50
		M3	160	7	2,03	4,43
5	Mélange (Levains lactiques libres +M2)	M4	130	6,8	1,9	4,64

Les constatations déduites de ce tableau sont citées comme suit :

- 1- Les deux extraits de spiruline et de jujube montrent des vitesses de coagulation très faibles en comparaison avec le mélange des deux premiers, une vitesse optimale est constatée (150 mn) en utilisant le mélange M2.
- 2- Une vitesse presque similaire (130 mn) est obtenue en utilisant le mélange M4 (ferment et le mélange M2optimisé) ;

- 3- Le mélange M4 donne une masse de caillé un peu ferme de 1,9g plus importante que celles des caillés issus de l'utilisation des levains lactiques ou le mélange optimale M2 qu'ont presque les mêmes poids. Cette différence de poids peut s'expliquer par la prolifération des levains lactiques dans les deux extraits utilisés.
- 4- Le mélange M4 présente un taux de synérèse important que ceux obtenus dans le cas d'utilisation des ferments et le mélange M2 présentant des taux presque identiques.
- 5- Les deux extraits influencent négativement le pH, les valeurs de pH sont très acides inférieures à 5.
- 6- L'analyse de protéines montre que, le caillé issu des ferments est riche en protéines 4,79 mg /l en comparaison avec celui issu du mélange M2 possédant une quantité moins importante de 3,646 m

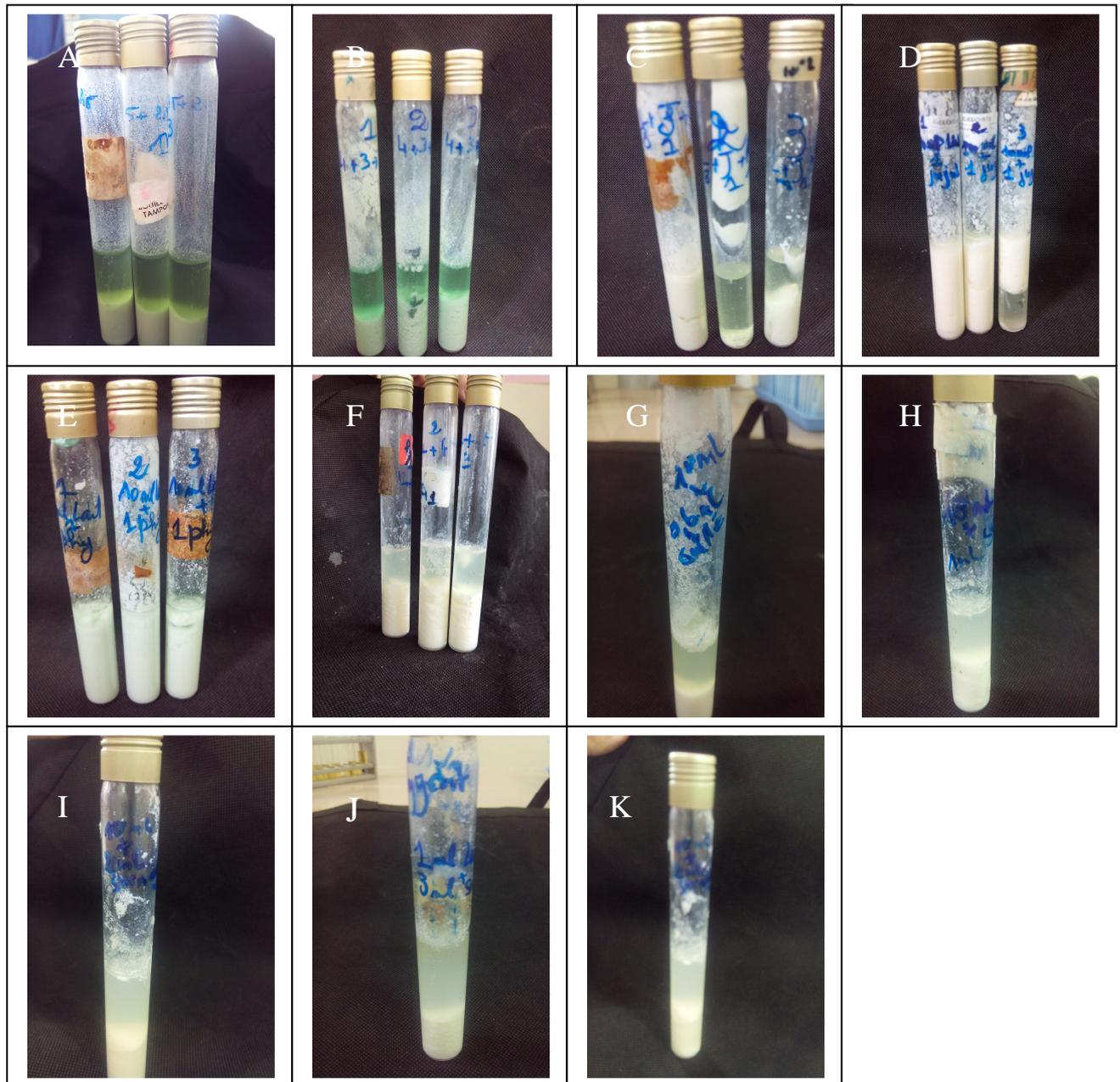


Figure 13 : Différents essais de coagulation du lait.

(A) 2.5ml phy+2.5ml jujube +5ml lait **(B)** 4 ml lait +3ml jujube +3 ml phy **(C)** 8ml lait +1ml phy+1 ml jujube **(D)** 10 ml lait +1 ml jujube **(E)** 10 ml lait + 1 ml phy **(F)** 10ml lait +1 ml ferment **(G)** 10 ml lait + 0.6ml caillé **(H)** 10 ml lait + 1ml surnageant **(I)** 10 ml lait + 2 ml du surnageant **(J)** 10ml lait +3ml surnageant **(K)** 10ml du lait+0.5ml de ferment+0.5 ml du mélange (phycoerythrine+jujube)

4-3-2 Coagulation du lait par les agents immobilisés

Les résultats de vitesse de coagulation du lait par différentes quantités des billes issues du mélange M2 sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IX : vitesse de coagulation du lait en utilisant les billes préparées à base du mélange optimisé M2

Quantité des billes du mélange M2 (g)	Temps de coagulation (mn)
1	180
2	160
3	150
4	155

Il ressort de ce tableau que, la quantité 3 g des billes à base du mélange M2 présente une meilleure vitesse de coagulation (150mn). Cette vitesse reste très faible en comparaison avec celles obtenues par BENAHMED DJILALI *et al.* (2015) qu'ont utilisés une quantité de 3g des billes de la poudre des fleurs de cardon (1,06mn) et la même quantité des billes des levains lactiques avec une vitesse de 73mn.

4-4 Résultats d'analyse sensorielle des yaourts

Les résultats d'analyse sensorielle des yaourts élaborés à base des billes préparées de mélange (50% d'extrait de phycocyanine et 50% d'extrait de jujube) sont présentés dans les figures (14,15, 16, 17).

4-4-1 La couleur

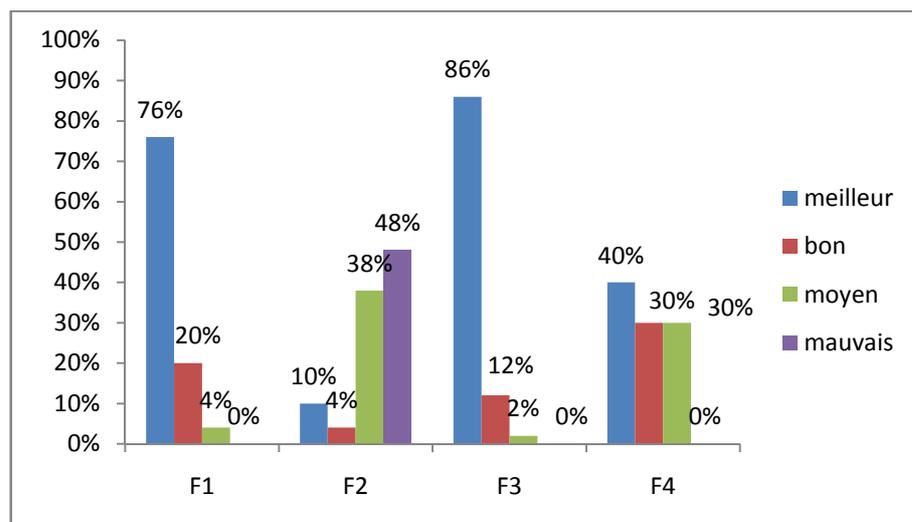


Figure 14: classement des yaourts élaborés selon la couleur

D'après la figure ci-dessus, 86% des dégustateurs jugent que le yaourt de la formulation F3 a une bonne couleur. Tandis que, les autres yaourts présentent des couleurs moins appréciées par les dégustateurs. Il est à noter que, l'ensemble des dégustateurs, ont bien apprécié la couleur de jujube que celle de la spiruline qu'est moins agréable.

4-4-2 L'odeur.

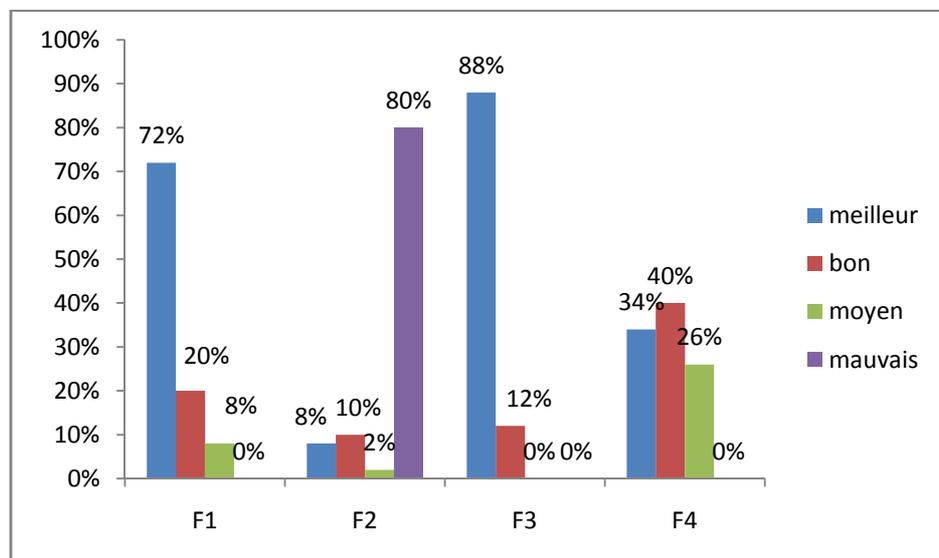


Figure 15: classement des yaourts élaborés de point de vue odeur.

De point de vue odeur, nous remarquons d'après la figure 15 que, le yaourt F3 présente une odeur très agréable (arôme de pomme) avec une fréquence d'appréciation de 88%. En

effet, cet arôme est dû à l'effet synergétique des deux extraits de jujube et de spiruline dans une matrice de gel (30 g de billes). Néanmoins, l'utilisation du mélange des mêmes extraits à l'état liquide (500ml/l) confère la formulation de yaourt F2 une odeur non appréciée avec une fréquence de qualité non satisfaisante de 80%.

4-4-3 Le goût

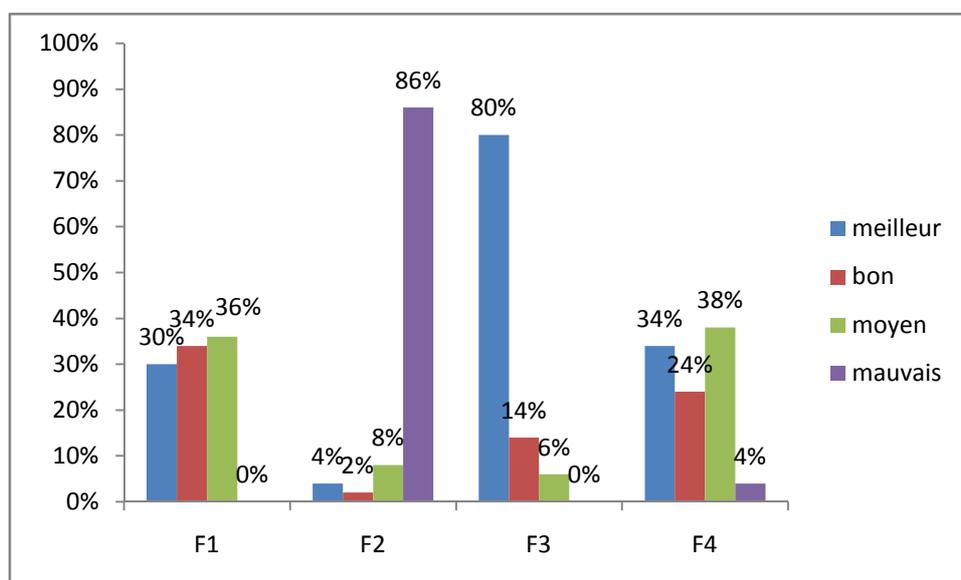


Figure16 : classement des yaourts élaborés de point de vue goût

Le goût varie en fonction des proportions d'ingrédients utilisés dans les différentes formulations (Figure 16). 80% du panel de dégustateurs jugent que, le yaourt de la formulation F3 à base les billes présente un meilleur goût. En comparaison avec le yaourt de la formulation F2, qui est de qualité non satisfaisante de point de vue goût.

4-4-4 La texture

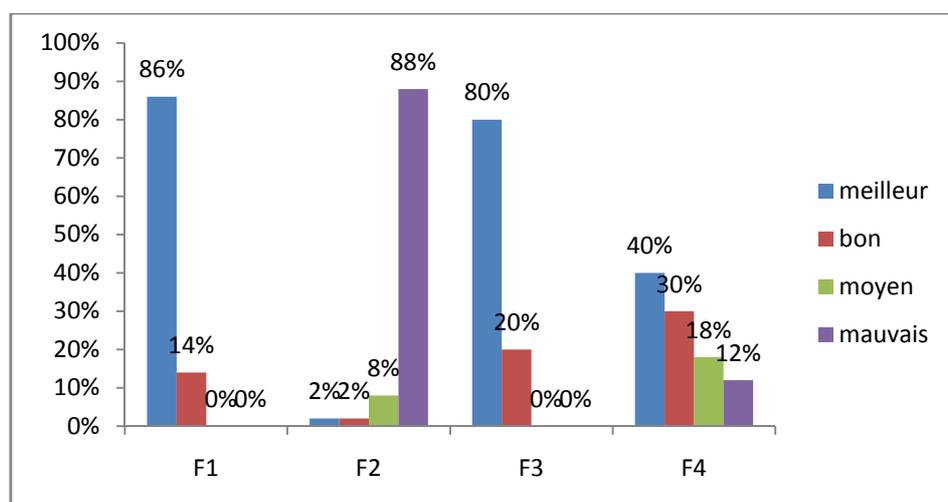


Figure17: classement des yaourts de point de vue texture

Les résultats d'analyse sensorielle de point de vue texture (Figure17) montrent que, le yaourt de la formulation F3 présente une texture bien appréciée par les dégustateurs (88%), Cependant la formulation F2 a une texture d'un liquide qui n'est pas appréciée par le panel des dégustateurs.

Nous pouvons conclure de cette partie que, le yaourt de la formulation F3 présente une qualité organoleptique agréable jugée par le panel de dégustateurs.

Les résultats de cette analyse nous ont permis de marquer l'importance de la technique d'immobilisation qui ne se limite pas seulement sur le phénomène de fermentation (nombre important des bactéries lactiques) mais aussi sur l'amélioration de la qualité organoleptique (goût, odeur et texture).

4-5 Test de stabilité des yaourts

Le suivi de quelques paramètres physicochimiques et rhéologiques de trois yaourts (le yaourt de la formulation F3 choisie, le yaourt de référence F1 et le yaourt commercialisé F5) durant différentes périodes d'incubation (J+1, J+3 et J+7) à une température de 4°C sont présentés dans les (figures 18-20).

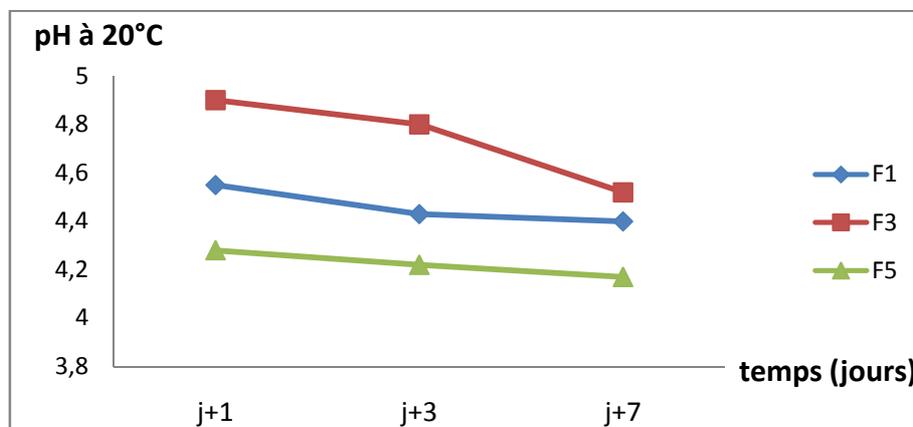


Figure18: Evolution du pH des yaourts, en fonction du temps de conservation à 4 °C.

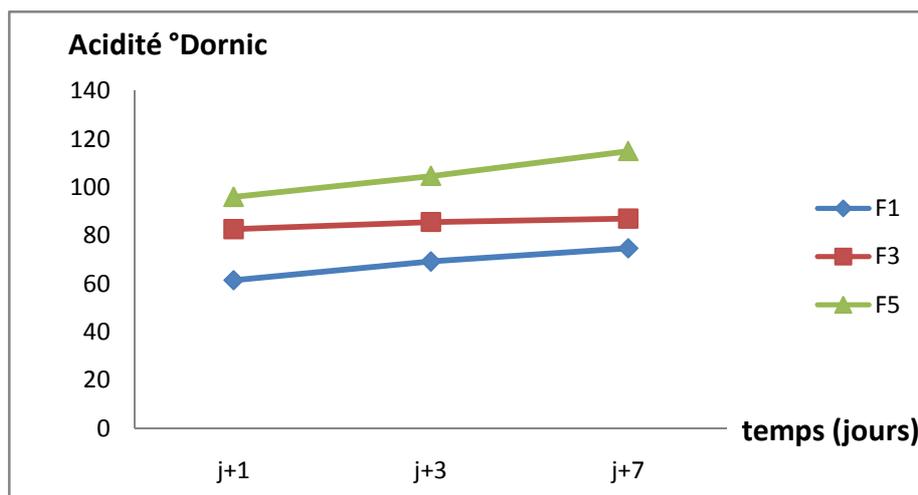


Figure19 : Evolution de l'acidité des yaourts, en fonction du temps de conservation à 4 °C.

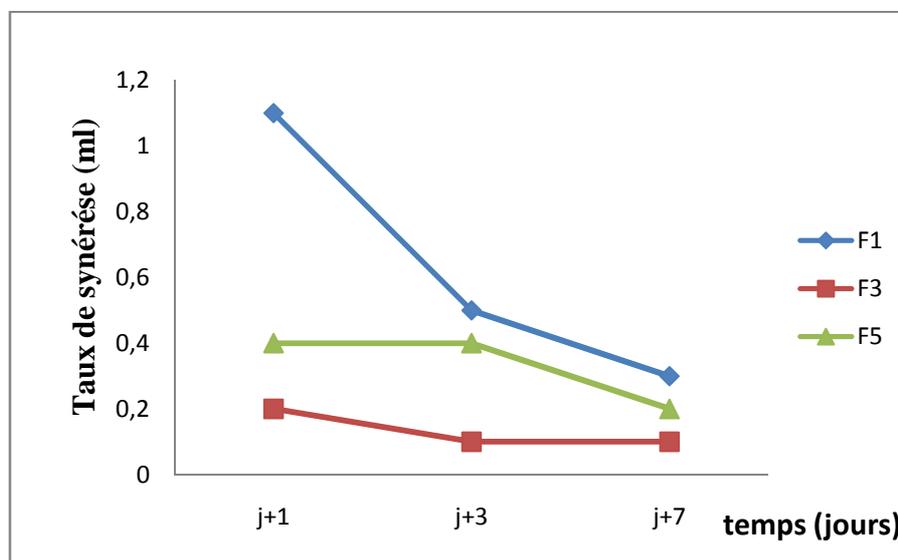


Figure20 : Evolution de taux synérèse des yaourts, en fonction du temps de conservation à 4 °C

F1 : yaourt de référence ; F3 : yaourt apprécié par les dégustateurs et F5 : yaourt commercialisé de marque Soummam

Les résultats de la (figure18) montrent une diminution de pH remarquable des trois formulations de yaourts étudiés au cours de stockage, ceci s'explique par la présence de bactéries lactiques dans les formulations F1 et F5 responsables de l'acidification. Par contre, une légère diminution de pH de la formulation F3 a été constatée qui peut être due à la dégradation de certains composés constituant cette formulation par l'exsudat formé lors de la fermentation.

Globalement ; le taux de synérèse diminue en fonction de la durée de stockage. En effet, les trois yaourts étudiés présentent à la fin des taux de synérèse qui sont proches ne dépassant pas 1ml. Cette diminution peut s'expliquer par la rétention de l'exsudat par les différents composés constituant les trois yaourts (fibres, exopolysaccharides , protéines...).

Nous remarquons que, la viscosité augmente lors de stockage (Figure 21). Cette augmentation s'explique par les réarrangements protéiques qui ont lieu, ou les interactions protéines-protéines qui sont favorisées par les liaisons de faibles énergies (hydrogènes, hydrophobes, Van Der Waals..), ce qui conduit à une augmentation de la viscosité au cours du temps (ABU JDAYIL, 2002). De ce fait, ce réseau de gel est d'autant plus important que la proportion de protéines dans le yaourt est importante (voir annexe 5).

Il est connu que, le taux élevé en biomasse bactérienne est remarquable dans le cas d'utilisation des souches mixtes (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

L'augmentation de la viscosité de yaourt de la formulation F3 est due à la présence de fibres et attribuée aussi aux interactions entre les oligo-ou polysaccharides et les protéines du lait (SODINI *et al.*, 2002).

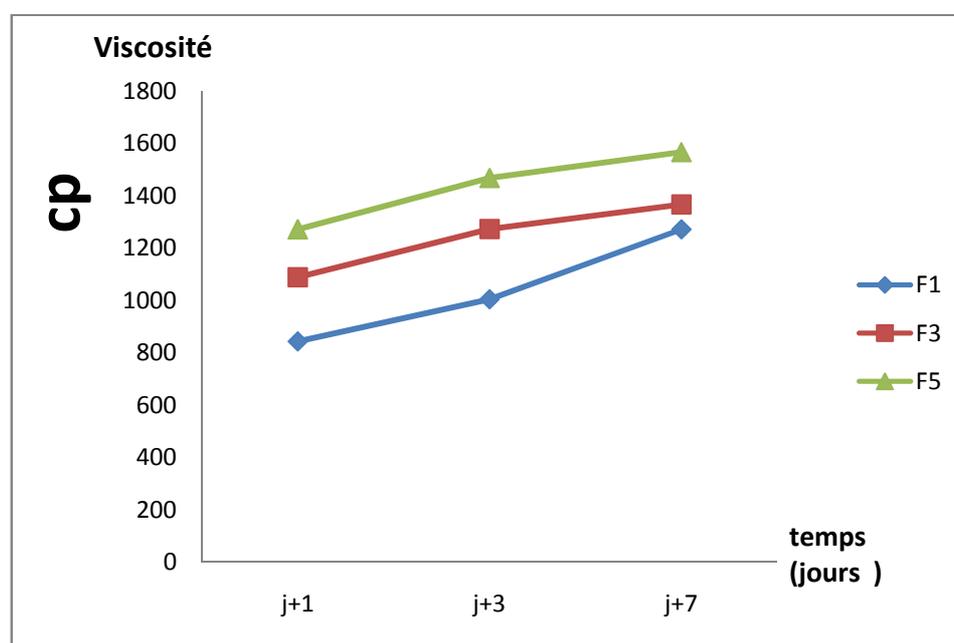


Figure 21 : Evolution de la viscosité des yaourts, en fonction du temps de conservation à 4 °C.

Les différentes formulations de yaourt réalisées sont illustrées dans l'image suivante :

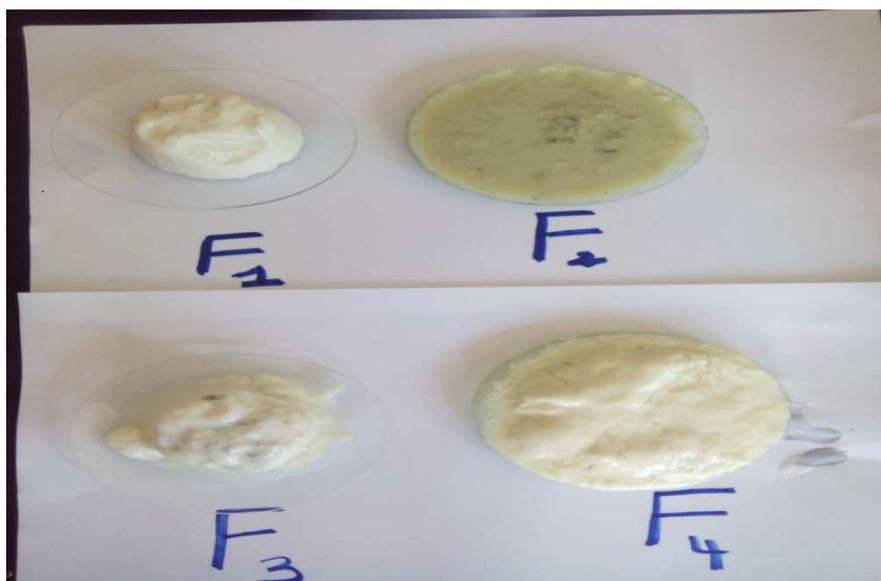


Figure 22 : Aspect des différentes formulations de yaourt élaboré



Figure 23 : Résultat du test stabilité de la meilleure formulation F3

Après 21 jours de conservation à 4°C, la formulation F3 ne présente aucune variation dans la qualité organoleptique (Figure 23).

Les résultats obtenus (tableau X) montrent une diminution de pH remarquable de la formulation F3 au cours de stockage, ceci s'explique par des réactions d'hydrolyse des

substances composantes ladite formulation impliquant une augmentation de l'acidité au cours du temps pour atteindre une valeur (98°D).

Tableau X: Résultats des analyses physico-chimiques de yaourt F3 lors de stockage à 4°C.

Tests physico-chimiques	Après 1 journée de fabrication	Après 21 jours de fabrication
pH à 20°C	4,90	4,42
Acidité °Dornic	82	98

4-6 Résultats de la structure microscopique des yaourts élaborés

Nous remarquons d'après la figure 24 que, les formulations F3 et F4 préparées à base du mélange M2 présente des structures lisses identiques ressemblent à un polymère. Néanmoins, la formulation F5 présente une structure différente rugueuse sous forme de feuillets avec des grumeaux.

La formulation de référence présente une structure aussi lisse avec la présence des réseaux résultant de phénomène de synérèse.

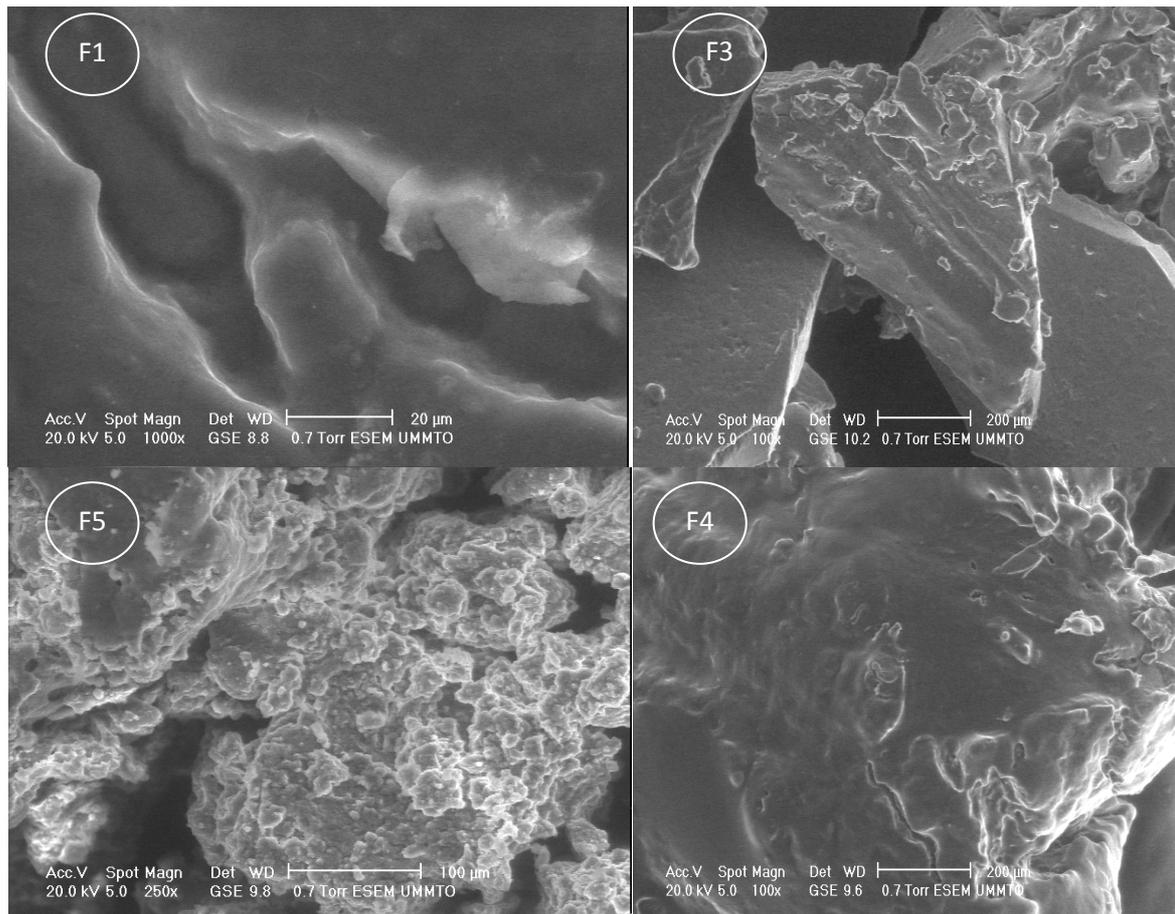


Figure 24: Structure microscopiques des yaourts

F1 : formulation de référence ;

F3 : formulation optimisée de yaourt à base de M2 (50: 50 V/V) extrait de spiruline et de jujube);

F4 : formulation préparée de mélange (50: 50 V/V) de mélange ferment et du mélange M2;

F5 : yaourt de soummam.

CONCLUSION

Conclusion

Ce travail vise la valorisation des ressources agricoles en vue mettre sur le marché un nouvel yaourt de type fonctionnel à base d'un nouveau agent de coagulation et de texturation composé des ferments lactiques, extraits de spiruline et de jujube.

L'optimisation des conditions de coagulation du lait montre que l'agent coagulant M2 composé de 50% d'extrait de jujube et 50% d'extrait de phycocyanine montre une vitesse de coagulation très rapide (150mn).

Les formulations des yaourts élaborés (F3 et F4) présentent les meilleures qualités organoleptiques, rhéologiques (moins de synérèse, et meilleures viscosités), vitesse de coagulation rapide et de qualité fonctionnelle très intéressante (phycocyanine, flavonoïdes...).

La formulation de yaourt F3 est obtenue en utilisant 30g/l de billes élaborées à base de mélange optimisé M2 (50: 50 V/V extrait de spiruline et de jujube) présente une vitesse de coagulation de (150 mn).

La formulation de yaourt F4 composée de (50 : 50 V/V) de mélange ferment et le mélange M2; Présente un temps de coagulation (150 mn).

Comme complément de la présente étude il serait intéressant de :

- Réaliser une étude in-vivo afin d'évaluer le comportement au niveau de l'estomac et les propriétés pharmacologiques de ce yaourt.
- Réaliser une étude économique consistant en une estimation de prix de yaourt élaboré.
- Sensibiliser les gens aux vertus thérapeutiques et propriétés nutritionnelles de jujube et de spiruline qui sont méconnus par la population locale.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

ABU-JDAYIL ,B AND MOHAMEED H. (2002) experimental and modeling studies of the flow properties of concentrated yogurt as affects by the storage time.journal of food enginnering 52,359-365.

AFAQ, F., SALEEM, M., KRUEGER, C.G., REED, J.D. AND MUKHTAR, H. (2005). Anthocyanin- and Hydrolyzable Tannin-rich Pomegranate Fruit Extract Modulates MAPK and NFkappaB Pathways and Inhibits Skin Tumorigenesis in CD-1 mice. International Journal of Cancer, Vol.113, No.3, pp.423-333, ISSN 1097-0215.

AQUILANTI L, BABINI V, SANTARELLI S, OSIMANI A, PETRUZZELLI A. (2011). Bacterial dynamics in a raw cow's milk Caciotta cheese manufactured with aqueous extract of *Cynara cardunculus* dried flowers. Lett Applied Microbiology 52:651-659.

ASLIM,B.,YUKSEKDAG,Z.N.,BEYATLIY AND MERCAN,N.(2005) Exopolysaccharids production by *Lactobacillus debruckisubsp.bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* strains Under Different Growth conditions. World Journal of Microbiology and Biotechnology.21, 673-677.

AYCHUNIE, S. (1996) Inhibition of HIV-1 replication by an aqueous extract of *Spirulina platensis* (*Arthospira platensis*). International Association of Applied Algology, 7th International Conference.

BABA AISSA F., (1999). Les plantes médicinales en Algérie. bouchéne et Addiwen (Eds). Alger ,181p

BADIS, A., LAOUABDIA-SELLAMI, N ., GUETARNI ,D., KIHAL M .ET OUZROUT, R.(2005). Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolée sa partir de lait cru de chèvre de deux populations Caprines locales « Arabia et Kabyle ».Sciences and Technology, 23,30-27.

BAROSS, L., FERREIRA , M .J., QUEIROS,B., FERREIRA ,ICFR.,BAPTISTA ,P. (2007).Total phenol, ascorbic acid ,b-carotene and lycopene in Portuguese wild edible musharoom and their antioxidant activities . Journal Food Chemistry., vol 103, pp 413- 419.

BEAL, C., SODINI, I. (2003). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. Techniques de l'Ingénieur.

BELAY, A. (1997). Mass culture of *Spirulina* outdoors .The Earthrise Farms experience.

Références bibliographiques

- BENAHMED DJILALI, A., BENAMARA S., SAIDI, N et MEKSOUD A. (2011).** Preliminary characterization of food tablets from date (*Phoenix dactylifera L.*) and spirulina (*Spirulina sp.*) powders. *Journal. Powder. Technology.* 208, 725–730.
- BENAHMED DJILALI, A. (2012)** analyse des aptitudes technologiques de poudres des dattes (*Phoenix-dactylifera L.*) améliorées par la spiruline. Etudes des propriétés rhéologiques nutritionnelles et antimicrobiennes, thèse de Doctorat Université M'hamed bougara , Boumerdes, p 62.
- BENAHMED DJILALI, A, OUELHADJ, A., DERRIDJ, A., BEDRANI, F., BELKHIR, F., and RAMAN, Y. (2015).** New Way to Develop Mixture of Lactic Leavens and Cardoon Flower Powder (*Cynaraca rdunculus*) in Producing Yoghurt: Approach to Immobilization. *Journal Plant Pathology & Microbiology,* 6 :6.
- BENAHMED DJILALI et al. (2016).** Evaluation Of Physical-Chemical, Pharmacodynamic And Pharmacological Attributes Of Hot Air Dried And Swell Dried Jujube Powders. *Journal Of Food Process Engineering* Issn 1745–4530.
- BERGMAIER D., LACROIX C., MACEDOM.G. AND CHAMPAGNE C.P. (2001).** New method for Exopolysaccharide Determination in culture Broth Using Stirred Ultrafiltration Cells. *Microbiology and Biotechnology,* 57(3), 401-406.
- BORGI, W., ET CHOUCANE, N. (2006).** Activité anti-inflammatoire des saponosides des écores de racines de *ziziphus* . *Revue des régions arides,* 283-286.
- BORGI W., GHEDIRA K., CHOUCANE N. (2007(A)).** Anti-inflammatory and analgesic activities of *ziziphus* root barks. *fitoterapia.* 78:16-19.
- BOUDIER, J.F. (1990).** produits frais. In laits et produits laitiers. Vache-Brebis-Chevre. Luquet, F.M. (Eds) *Technique et documentation,* Lavoisier, Paris, 35-66.
- BUJARD, E., BRACO, U., MAURON, J., MOTTU, F., NABHOLZ, A., WUHRMANN, J.J. ET CLÉMENT G. (1970).** Composition and Nutritive Value of Blue Green Algae (*Spirulina*) and their Possible Use in Food Formulations. 3rd. international Congress of Food Science and Technology, Washington .
- BRADFORD, M-M .(1976)** a rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding . *analytical biochemistry,* 72, 248-254.

Références bibliographiques

BRUNO DE REVIERS .(2002). biologie et phylogénie des algues .GDI: berlin , tome 1,pp119-120.

CAROLE ET VIGNOLA. (2002).Science et technologie du lait. Ecole polytechnique de Montréal.445pp.

CASALIS, (1975).Facteurs technologiques influençant la croissance la consistance, l'arôme et le goût. Revue : Industries Alimentaires et Agricoles n°11, pp, 1253-1962.

CATOIRE ,C., ZWANG H. et BOUET C. (1999). Les jujubiers ou le Ziziphus oubliés, article du N°1.

CASTENHOLZ R.W., RIPPKA R., HERDMAN M. and WILMOTTE A. (2001) : in« la Spiruline peut-elle être un atout pou la santé et le développement en Afrique ? » Institut de Recherche pour le développement.

CHARPY.I, LANGLADE .M.J et ALLIOD.R. (2008). « La Spiruline peut-elle être un atout pour la santé et Le développement en Afrique», institut de Recherche le développement, Marseille, page10

CLEMENT, G., GIDDEY, C. ET MENZI, R. (1967). Amino Acid Composition and Nutritive Value of the Alga Spirulina maxima. Journal. Science. Food. Agricole. Vol. 18: 497-501

CLEMENT G. (1975)-Production et constituants caractéristiques des algues Spirulina maxima etplatensis. Ann. Nutr. Aliment. 29(6), 477-487

CROUX, M. (1973). Etude des composants de la flaveur du yaourt lactiques.le lait n°523-524, pp 146-150

DAOOD H., VINKEL M., MARKUS F., HEBSHI E.A. et BIACS P.A. (1996) Antioxydant vitamin content of spice red pepper (paprika) as affected by technological and varietal factors. Food Chemistry, 55 (4), 365-372.

DEGBEY, H., HAMADOU, B., OUMAROU, H. (2006). Evaluation de l'efficacité de la supplémentation en Spiruline du régime habituel des enfants atteints de malnutrition sévère. In Charpy et *al.*(2008). Ed. International Symposium on Cyanobacteria for Health, *Science and Development* .pp 104-108.

Références bibliographiques

DEMIRCI B. (1999) - Isomers of palmitolic acid in lipids and volatile substances from the fruits of *Ziziphus jujuba*, *Chemistry of Natural Compounds*, 35 (4), 401-403.

DE ROISSART H., ET LUQUET F.M. (1994). Bactéries lactiques ; volume 2. Edition SAINT GEORGE :LORICA.

DESMAZEAND M., SPINULER E.(1998). Enzyme en agro-alimentaire. Lait et produits laitiers. Lavoisier, Paris.p.336.

DONKOR, S.L.I. NILMINI, P. STOLIC, T. VASILJEVIC, N.P. SHAH .(2007). Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage *Int. Dairy Journal.*, 17, 657–665.

DROUAULT, S.,ETCORTIER, G.(2001). Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé. *V et Res.32* : 01-117.

EDWARD F., GILMAN G.W. et DENNIS G.W.(1994). *Zizyphus jujuba*. Fact Sheet ST-680.

EL ALOUI M., MGUI S K., LAAMOURI A., ALBOUCHI A., CERNY M., MATHIEU C, VILAREM G. ET HASNAOUI B. (2012). Fatty acids and sterols oils compositions of four Tunisian ecotypes of *Ziziphusjujuba* (L.) H. Karst., *Acta Bot. Gallica*, 159 (1).

FABER E.J., KAMERLING J.P ET Vliegenthart J.FG.(2001). Structure of the Extracellular Potysachharids produced by *Lactobacillus delbrueckiisubsp 291*. *Carbohydrate Research*,331, 183-194.

FALQUET, J. (1996). Spiruline : aspects nutritionnels. Antenna Technologie. Vol. 29, r. de Neuchâtel CH-1201 Genève, Suisse. P. 1-16

FALQUET, J, HURNI J-P. (2006). Spiruline Aspect Nutritionnels. Antenna Technologies. Genève.pages 03.

FAO (1988) traditional fruit plants .food and nutrition paper 42, FAO, Italy.

FEDKOVIC,Y., ASTRE,C., PINGUET , F., GERBER, M., YCHOU , M., PUJOL , H.(1993). Spirulina and cancer .*Bull.Inst.Oceano .,Monaco NS 12*. Pp 117-120.

FOX, R.D.(1999). Spiruline, Technique pratique et promesse. Aix en provence: Ed isud.

Références bibliographiques

FOUCAUDC AND POOLMAN, B.(1992).Lactose transport System of *Streptococcus thermophilus*: Functional Reconstitution of the protein AND characterization of the Kinetic Mechanism of Transport. Journal of Biological Chemistry, 31, 22087-22094.

GHEDIRA, K., CHEMLI R., CARON C., NUZILLARD J-M., ZECHES M., LE MEN OLIVIER L. (1995). Four cyclopeptide alkaloids from *Ziziphus lotus*. Phytochemistry, 38:767-772.

GIDDEY, C. (1982). Les produits à humidité intermédiaire, cas particuliers du problème de la conservation des produits à humidité intermédiaire in mise au point d'une technique d'extraction de sirops de dattes ; comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (hfcs) issus de l'amidonnerie. Magister en biologie, biochimie et analyse des bioproduits.pp.125.

GIRARDIN-ANDREANI, C. (2005). Spiruline : système sanguin, système immunitaire et cancer. Phytothérapie (4), 158-161.

GLAZER ,A.N. (1994). Phycobiliproteina family of valuable widely used fluorophores. *Journal appl phycol* . vol 6, 105-112.

GUIRAND, J. GALZA, P.(1998). La microbiologie alimentaire : analyse des aliments.Edition :L'usine nouvelle-paris.pp 652.

GUSAKOVA, S.D., SAGDULLAEV SH.SH., ARIPOV K.N., BASHER K.H.C., KURKCUOGLU M. ET DEMIRCI B.(1999)-Isomere of palmitolic acid in lipids and volatile substances from the fruits of *Ziziphus jujuba*, Chemistry of Natural Compounds, 35(4), 401-403.

HARRIS, E.L.V., ANGEL S. (1989). Protein purification methods .A practical approach IRL press at oxford university press .U.K p 156.

HERMIER, J.,ACoola, J.P.,ETDESMAZEAUD, M.(1996).les yaourts et les laits fermentes in microbiologie alimentaire.Aliments fermentes et fermentation alimentaire.Ed 2.Tec et Doc.Lavoisier-paris.2 :310-317

IYER R., TOMAR S.K. UMA MAHESWARTIT.AND SINGH R.(2010).*Streptococcus thermophilus* Strains: Multifonctional Lactic Acid Bacteria. International Dairy journal, 20,133-141.

Références bibliographiques

- JAFRI, M. A., ASLAM, M., JAVED, K. AND SINGH, S. (2000).** Effect of *Punica granatum* Linn. (flowers) on Blood Glucose Level in Normal and Alloxan-induced Diabetic Rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 70, (3), 309-314, ISSN 0378-8741.
- JAWANDA J.S. ET BAL J.S.(1978).** The ber-highly paying and rich in food value. *Indian Horticulture*, 23(3) : 19-21.
- JOURDAN J.P. (2006).** Manuel de culture artisanale pour la production de spiruline. P,73.
- KIM, J.Y., KOO, H-M, KIM, D.S.H.L. (2002).** development of C-20 modified betulinic acid derivatives as antitumour agents' *.bioorganic & medicinal chemistry letters* 11:2405-2408
- KIRKBRIDE J.H., WIERSEMA J.H. ET TURLAND N.J. (2006).** Proposal to conserve the name *Ziziphus jujuba* against *ziziphus jujuba* ,*Taxon*, 55 (4), 1027-1052.
- LAAMOURI A., (2009)** - Contribution à l'étude des jujubiers en Tunisie : Identification, caractérisation, adaptation au déficit hydrique et multiplication. Thèse de Doctorat, INAT, 272 p
- LAHLOU, M., EL MAHI M ., HAMMAMOUCHE J. (2002).** Evaluation des activités antifongique et molluscide de *ziziphus lotus* de Maroc. *Journal des annales pharmaceutiques françaises* ,60 : 410-414.
- LAMELA, T. ET MARQUEZ, F.J. (2000).** Phycocyanin production in sea water culture of *Arthrospira maxima*. *Ciencias marinas*. 26(4):607-619.
- LAMONTAGNE, M.(2002).** Produits Laitiers Fermentés, in"Science et Technologie du lait".Editionpress Internationales polytechniques, Ecole polytechnique de Montreal,Quebec.
- LARPENT, J.P. (1991).** Les ferments microbiens dans les industries agro-alimentaires : produits laitiers et viandes. 2^{ème} édition. Techniques et documentation. Lavoisier , Paris.
- LARPENT, J.P. (1989).** les bactéries lactiques, les microorganismes de fermentations.
- LEVEAU, J.Y., ETBOUX, M.(1993).** Microbiologie industrielle : les microorganismes d'intérêts industriels. Edition, Technique et documentation, Lavoisier, Paris.

Références bibliographiques

- LI J.W., FAN L.P., DING S.D. ET DING X.L. (2007)** - Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube. *Food Chemistry*, 103 (2), 454-460.
- LOONES, A. (1994)**. Les laits fermentés par les bactéries lactiques. Ed. l'Orica : 142-152.
- LUQUET, F.M. (1985)**. Lait et produits laitiers - transformation et technologie - Tec et Doc, Lavoisier-Paris. Pp 61-553.
- MACCOL, R. (1998)** .cyanobacterial phycobilisomes. *Journal Struct. Bio.* 124, 311-334.
- MAHAUT. (2000)** : les produits industriels laitiers. Ed. techniques et documentation. Lavoisier. Paris 26-40.
- MARTEAU, PH., PH., BOUHNİK, Y., ET RAMBAUD., (1994)**. Survie et effets de lactobacilles acidophiles et Bifidobacter de produits laitiers fermentés dans le tube digestif de l'homme. *Cahier de la nutrition et de la diététique*. 29(6) :321-384.
- MAYO, B., T. ALEKSANDRZAK-PIEKARCZYK, M. FERNÁNDEZ, M. KOWALCZYK, P. ÁLVAREZ-MARTÍN, J. BARDOWSKI. (2010)** Updates in the metabolism of lactic acid bacteria .in: mozzi F. R.R. Raya, G.M. Vignolo (Eds.), *Biotechnology of Lactic Acid Bacteria: Novel Applications*, Wiley-Blackwell, Ames, Iowa, USA (2010), pp. 3–33.
- MINA, Y .HANIE, M.HADI, Z. (2013)**. Antioxydant of protein hydrolysates and purified peptides from Zizyphus jujuba fruit , *Journal of Functional Food*. p,63-64.
- NF V 05-108. (1970)**. Produits de l'agriculture. Produits dérivés des fruits et légumes. Détermination conventionnelle du potentiel hydrogène.
- OLIVEIRA, R.P.S., PEREGO, P., OLIVEIRA, M.N., CONVERTI, A. (2011)**. Effect of inulin as a prebiotic to improve growth and counts of a probiotic cocktail in fermented skim milk. *LWT-Food Science and Technology* 44 (2), 520–523.
- OLIVEIRA, R P S., PEREGO, P., OLIVEIRA, M N., CONVERTI, A. (2011)**. Effect of inulin as prebiotic and synbiotic interactions between probiotics to improve fermented milk firmness. *Journal of Food Engineering*. 107, 36–40
- OUAOUICH T. ET CHIMI S. (2005)**. Rapport de la formation sur la transformation du jujube (*Zizyphus Mauritiana*). International Resources group (IRG). 1211. Connecticut Aucneu .NW. UNITED STATES.

Références bibliographiques

PAREEK O.P.(2001) - Fruits for the Future 2: Ber, International Centre for Underutilized Crop. Redwood Books, Wiltshire, pp 42, 38, 15, 20, 34, 45, 52-58.

PARODA R.S. ET MAL B. (1989)- New plant sources for food and industry in India. In: Wickens GE, Haq N, Day P (eds). New crops for food and industry. Chapman and Hall, London, pp 135-149.

PEYROTET, M.J., ET LARPENT, J.P.(1986).Resultats d'enquete sue le probleme pose pour la fabrication du yaourt en republique populaire du Congo.Le lait n°608, pp, 517-524.

QUEZEL P., ET SANTA S. (1963). Nouvelle flore de l'algerie et des régions désertiques méridionales .TII. Ed .C.N.R.S. Paris, 753p.

REDDY, C.M., BHAT, V.B., KIRANMAI, G. REDDY, M.N., REDDANNA, P., MADYASTHA, K.M. (2000). Selective inhibition of cyclooxygenase-2 by C-phycoyanin a biliprotein from *Spirulina platensis*, Biochem. Biophys. Res. Commu. Vol 3, pp 599–603.

RIZZELLO C.G AND DE ANGELIS M. (2011).*Lactobacillus spp.:* *Lactobacillus delbrueckii Group*.119-124.

RSAISSI N et BOUCHACHE M. (2002). La lutte chimique contre le jujubier .Programme National de transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA), DERD (Ed).94. Rabat,p,4.

RUAS-MADIEDO, P., R. TUINIER, M. KANNING, AND P. ZOON. (2002). Role of exopolysaccharides produced by *Lactococcus lactis* subsp. *Cremoris* on the viscosity of fermented milks. Int. Dairy J. 12:689–695.

SAADOUDI M. (2008). Etude de la fraction glucidique des fruits de : *Celtis australis* L., *rataegus azarolus* L., *Crataegue monogyna* Jacq., *Elaeagnus angustifolia* L. et *Zizyphus lotus* L. Thèse de magister. Université EL-HADJ LAKHDAR-BATNA.

SALL M-G., DANKOKO G., BADIANE M., EHUA E. et KUAKUWI N. (1999). Résultats d'un essai de réhabilitation nutritionnelle avec la spiruline à DAKAR (à propos de 59 cas). Médecine d'Afrique noire, 46(3), 143-146.

SAN B., YILDIRIM A.N., POLAT M. ET YILDIRIM F. (2010) - Mineral composition of leaves and fruits of jujube. Asian Journal of Chemistry,21, 4.

Références bibliographiques

SHAHANI, K.M., ET CHANDANR, C.(1979).Nutritional and healthful aspects of cultured and heat containing dairy food.Dairy sci.62(10):pp1685-1694.

SIBOUKEUR O. (1997). Qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique du jus de dattes. Thèse Magister, INA. El-Harrach, Alger, p106.

STEELE,J.(2002).*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* ATCC BAA-365 in«Discovering Lactic acid bacteria by Genomics».Antonie van Leeuwenhoek, 82,42.

SODINI, I., LUCAS, A., OLIVEIRA, M.N., REMEUF, F., CODRRIEU, G. (2002). Effect of milk base and starter culture on acidification, texture, and probiotic cell counts in fermented milk processing. Journal of Dairy Science 85 (10), 2479–2488.

SUDHEER K.S., SYED U.A. ET ASHOK P.(2005).Metabolic Engineering Approaches for Lactic Acid Production.Process Biochemistry,41, 991-1000.

SUN ,L., WANG S., CHEN ,L., ET GONG ,X.(2003) promising fluorescent probes from phycobiliproteines .IEEE journal .sel.top.quantum .electron .19,177-188

TAMIME A. Y. and ROBINSON R.K. (1996). Backgroud to manufacturing practice. Youghurt. Science and technology. Tamime, A. Y., & R.K, Rombinson. (eds)

TAMIME A.Y., SAARELA M., KORSLUND SONDERGAARD A., MISTRY V.V., SHAH N.P. (2005): Production and maintenance of viability of probiotic micro-organisms in dairy products. In: Tamime A.Y. (ed.): Probiotic Dairy Products. Blackwell Publishing Ltd, London: 39–72.

TERRE,S.(1986). Proprietes technologiques, nutritionnelles et physiologiques *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*.Techniqueslaitiere et Marketing, 1008 :26-36p.

TOURY J., MILLER R, JACQUZSSON M , (1952).Analyse quelques plantes dans les l'alimentation des populations de l'A.O.F , pp 256-261

TRABELSI. L, BENOUDAH., BASSA.H. (2010) activités biologiques des métabolites excrètent par les cyanobactéries filamenteuse *Arthrospira platensis*, journal pharmacognosie.

Références bibliographiques

TREMOLIERES, Y.S., JACCQUAT, R., ET DEPIN, H.(1984). Manuel d'alimentation humaine .Edition ESF.Tome 2 : pp 176-185.

VANINGELGEM F., ZAMFIR M., MOZZI F., ADRIANY T., VANCANNEYT M., SWINGS J.AND DE VUYST L.(2004). Biodiversity of Exopolysaccharides produced by *Streptococcus thermophilus* Strains Is reflected in Their production and Their Molecular and Functional Characteristics.Applied and environmental microbiology,70(2),900-912.

VICENETE.N. (2008).Spiruline et développement in international symposium 'spirulina and development' pages 07.

VIERLING E. (1999). Aliment et boisson-science des aliments, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine, France:11(270 pages).

VINDEROLAC.G.ANDREINHEIMER J.A.(2003).lactic acid Starter and probiotic Bacteria : a comparative »in vitro »Study of probiotic characteristics and biological Barrier Resistance. Food Research International,36, 895-904.

VINES R.A.(1960) - Trees, shrubs and woody vines of the Southwest. Austin: University of Texas Press. 1104p.

VRIGAUD, Y.(1982). Les ferments lactiques dans les industries alimentaires, I.A.A, n°3,pp,147-160.

WAFFAA M., ABOZEID I.M.F., HELMY NADIR A. et ESMAT A.A .(2011). Production and Développement of New Products from local and Chinese Ber Fruits. Food Science. And Technology Dept., National Res. Centre. Cairo. Egypt. Australia Journal of Basic and Applied Sciences, 5(6) :p.652-658.

WALALI A., SKIREDJ S. (2003). Fiches techniques. L'avocatier, jujubier, kaki, cherimolier ; n° 108.p.4.

XU, C.W. (1993). An instant algal noodle and its production method, Chinese Patent CN1077857A. Technology. 13, N°2, 79–88.

YAMAGUCHI, K. (1997). Recent advances in microalgal bio-science in Japan, with special sweetening tablet, WIPO Patent Application, WO/2003/00192.

Références bibliographiques

ZENG, Y., LIANG, M.S.(1995). Production of Spirulina drink. Food. Science. Vol 16, (7), 39– 418 (in Chinese).

ZHAO J., LI S.P., YANG F.Q., LI P. ET WANG Y.T. (2006)- Simultaneous determination of saponins and fatty acids in Zizyphus jujube (Suanzaoren) by high performance liquid chromatography-evaporative light scattering detection and pressurized liquid extraction. Journal of Chromatography A, 1108, 188-194.

ZOUAGHI,R.(1983).Etude microbiologique et valeur nutritionnelle du yaourt au cours du stockage.These d'ingeniorat, I.N.A,El-harrach

ZOURARI A AND DESMAZEAUD M.J.(1991).Caracterisation de bacteries lactiques Thermophiles Isolees de Yaourts Artisanaux Grecs.II .Souches de *Lactobacillus delbrueckii*subsp*bulgaricus* et cultures mixtes avec *Streptococcus salivarius*subsp*thermophilus*.Lait,71,463-482.

Site web:

1: <http://www.lescheveuxdemini.com.complement-alimentaire-le-jujube.html>

Annexes

Annexe 01

Matériels et réactifs utilisés pour l'analyse physicochimique

appareillage	Verrerie	réactifs	Autres instruments
Centrifugeuse pH mètre dessiccateur balance de précision spectrophotomètre thermomètre agitateur magnétique étuve réfrigérateur plaque chauffante mortier mixeur spectrophotomètre UV visible viscosimètre bec benzène autoclave four a moufle bain marie	Pipettes graduées Tubes à essai Béchers Eprouvette Entonnoir Flacons Seringue Boites de partis Pincés cuves fioles Erlen Meyer spatule pipettes pasteurs pissette micropipette burette	Acide phosphorique Méthanol NaCl Caragénane CaCl ₂ Bleu de coomassie BSA Eau distille Sulfate d'ammonium Solution de Fehling I et II NaOH 10N Sulfate de cuivre (CuSO ₄) Acide sulfurique (H ₂ SO ₄) concentré (96-98%) Acide chlorhydrique (HCl) concentré (36- 37%) Phénophtaléine à 1%	Capsule Papier aluminium Papier filtre Portoirs Spatule Compresse stériles

Annexe 02**Préparation de la solution Fehling****• Préparation de la solution A : (Fehling I)**

- On pèse 2g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ et la dissoudre dans un volume < 50 ml (avec agitation)
- On ajoute à ce volume 0,1 ml de H_2SO_4 à l'aide d'une micropipette.
- On ajuste le volume à 50 ml avec l'eau distillé dans une fiole jaugée.

• Préparation de la solution B : (Fehling II)

- On pèse 2g de tartrate Na^+ , K^+ , $4\text{H}_2\text{O}$ et 7,5g de NaOH.
- On mélange les deux masses dans un bécher
- On dissoudre les deux masses dans un volume < 50 ml (avec agitation).
- On ajuste le volume à 50 ml avec l'eau distillée dans une fiole jaugée.
- On pipete 5 ml de la solution A et de la solution B.
- On mélange les deux volumes pour obtenir 10 ml de la solution de la liqueur de Fehling à chaque essai.

Préparation du filtrat (1)

- On mélange dans une fiole jaugée de 100 ml, 20 ml de l'échantillon et 5 ml de solution d'acétate de plomb.
- On ajuste avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et puis filtrer le mélange.

Préparation du filtrat (2)

- On mélange 50ml du filtrat (1) et 5ml d'HCl concentré.
- On porte le mélange au bain marie à 70 C° pendant 5 minutes
- On neutralise avec NaOH en présence de phénolphthaléine à 1% jusque à apparition d'une couleur rose persistante.

- **Solution de NaOH à 10N** : 40g de NaOH dans 1000ml d'eau distillée.
- **Solution de NaOH à 0,1N** : 4g de NaOH dans 1000ml d'eau distillée.
- **Solution d'acétate de plomb** : 5g d'acétate de plomb dans 100ml d'eau distillée.
- **Solution de phénolphthaléine** : 1g de phénolphthaléine dans 100ml d'eau distillée.

Annexe 03

Date :.....

Age du dégustateur :

Questionnaire : teste de dégustation

Dans le cadre de la fabrication d'un yaourt Bio a base de poudre de jujube et d'extrait lyophilise de spiruline, merci de répondre a ce questionnaire.

Comment trouvez-vous ce produit ?

		Très bon	bon	moyen	mauvais
Yaourt 1	couleur				
	odeur				
	gout				
	texture	dure	molle	satisfaisante	Non satisfaisante

Comment trouvez-vous ce produit ?

		Très bon	Bon	Moyen	Mauvais
Yaourt2	Couleur				
	Odeur				
	Gout				
	Texture	Dure	Molle	Satisfaisante	Non satisfaisante

Comment trouvez-vous ce produit ?

		Très bon	Bon	Moyen	Mauvais
Yaourt3	Couleur				
	Odeur				
	Gout				
	Texture	Dure	Molle	satisfaisante	Non satisfaisante

Comment trouvez-vous ce produit ?

		Très bon	Bon	Moyen	Mauvais
Yaourt 4	Couleur				
	Odeur				
	Gout				
	Texture	Dure	Molle	Satisfaisante	Non satisfaisante

Remarque (Avis

personnel) :.....

.....

.....

.....

Merci pour votre participation

Annexe 4**Le gout**

	Mauvais	Moyen	Bon	Meilleur
F1	0	18	17	15
F 2	43	12	1	2
F 3	0	3	7	40
F4	2	19	12	17

La couleur

	Mauvais	Moyen	Bon	Meilleur
F 1	0	0	12	38
F 2	24	19	2	5
F 3	0	0	7	43
F4	0	15	15	20

L'odeur

	Mauvais	Moyen	Bon	Meilleur
F 1	0	4	10	36
F 2	40	1	5	4
F 3	0	0	6	44
F 4	0	13	20	17

La texture

	Mauvais	Moyen	Bon	Meilleur
F 1	0	0	7	43
F 2	44	4	1	1
F 3	0	0	10	40
F 4	6	9	15	20

Annexe 5

Résultats suivis du PH en fonction de la durée de conservation

yaourt	J+1	J+3	J+7
Yaourt1	4.55	4.43	4.40
Yaourt2	4.90	4.80	4.52
Yaourt3	4.28	4.22	4.17

Résultats suivis de l'acidité en fonction de la durée de conservation

Yaourt	J+1	J+3	J+7
Yaourt1	61.45	69.2	74.65
Yaourt2	82.6	85.6	87
Yaourt3	96	104.7	115

Résultats suivis de la synérèse en fonction de la durée de conservation

yaourt	J+1	J+3	J+7
Yaourt1	1.1	0.5	0.3
Yaourt2	0.2	0.1	0.1
Yaourt3	0.4	0.4	0.2

Résultats suivis de la viscosité en fonction de la durée de conservation

yaourt	J+1	J+3	J+7
Yaourt1	843	1004	1271
Yaourt2	1088	1272	1366
Yaourt3	1271	1467	1566

Annexe 6

Méthode de dosage des protéines par la méthode de Bradford :

Préparation du réactif de Bradford :

-Bleu de coomassie 12,5mg

-Acide phosphorique 25ml dans 12,5ml d'eau distille

Mélanger le méthanol et le bleu de coomassie dans un erlyne Meyer

Ajouter l'eau distillée jusqu'à obtention d'un volume de 212,5 puis

Agiter jusqu'à avoir une solution homogène et à l'abri de la lumière

Préparation de la solution BSA :

Faire dissoudre 40mg de poudre de BSA dans 20ml d'eau distillée puis agiter

Protocole expérimentale :

N°tube	T ₁ =0 (blanc)	T ₂ =2,25	T ₃ =	T ₄ =0,5	T ₅ =1	T ₆ =1,4
[BSA] (ml)	0	0,25	0,5	1	1,4	2
H ₂ O (ml)	2	1,75	1,5	1	0,6	0

Préparation de la gamme étalon :

Nous utilisons 6points pour tracer la droite pour un volume réactionnel de 3,1ml par échantillon

N° tube	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Réactif de Bradford (ml)	3	3	3	3	3	3

Lecture des résultats :

Régler le spectrophotomètre sur la longueur d'onde de 595nm

La lecture d'absorbance se fera pour chaque tube.

Tracer la courbe étalon [protéine]=f(DO)

