

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique  
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des sciences alimentaires  
Spécialité Production et transformation laitière



Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

***Thème***

**Enrichissement d'un yaourt à base de sirop  
des figes sèches**

Présenté par :

**TEMAME AMIRA & TEMANI DAHBIA**

Soutenu le : **15 Septembre 2022**

Devant le jury composé de :

Mme AOUDIA-Haddad HASSIBA

MCB

Président

Mme BOUDJOU-Mechouche SOUHILA

MCB

Encadreur

Mme SMAIL LEILA

MAA

Examineur

**Promotion 2021/2022**

## *Remerciement*

*Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères et les plus profonds tous d'abord au bon dieu le tout puissant de nous avoir accordé santé, courage, volonté et surtout patience pour accomplir ce modeste travail.*

*Nous présentant nos sincères remerciements à notre promotrice Mme Boudjou Souhila de nous avoir encadrées et dirigée durant la réalisation de ce travail avec une grande rigueur scientifique ; merci madame pour tout le savoir que vous nous avez transmis, pour les commentaires qui ont enrichis ce travail.*

*On tient à remercier Mr Slimani Ahmed qui nous a offert la matière première (figes sèches) et pour toutes les informations qui la concerne.*

*Nos remerciements sont destinés à Mme Fouzia la responsable de laboratoire de contrôle de qualité et de conformité Labo Ben Yahia et à l'ensemble du personnel de nous avoir accueilli au laboratoire, permis d'effectuer les différents tests et analyses et avoir mis à notre disposition le matériel et les moyens nécessaires à la réalisation de ce travail. Un grand merci pour votre sympathie et votre accueil.*

*Nous tenons d'autre part à remercier les membres du jury ; la présidente Mme Smail LEILA et l'examinatrice Mme AOUDIA Hassiba de nous avoir accorder de leur temps précieux, pour commenter, discuter et juger notre travail.*

*Ces remerciements ne seraient pas complets sans remercier tous les membres de nos familles et nos amis pour leur soutien, encouragement et pour l'énergie positive qu'ils transmettent toujours.*

*En fin, nous ne pouvons achever ce mémoire sans exprimer notre gratitude à tous les enseignants de la spécialité Production et transformation laitière, pour tout le savoir qu'ils nous ont donné.*

*AMIRA et DAHBIA*

*\*\*\*Dédicaces\*\*\**

*Je dédie ce modeste travail :*

*A la mémoire de mon père qui aurai bien voulu voir cet instant et qui serais frère de moi, que dieu lui accorde sa miséricorde.*

*A l'être le plus chère, ma mère pour son amour, son soutien, son sacrifice, en témoignage de ma grande estime et mon amour pour elle.*

*Aucun mot ne serait exprimé mon amour, mon affection et ma grande considération a mon frère Mohamed, pour tous les sacrifices que tu avais consentis pour mon éducation, instruction et être.*

*A mes chères sœurs (akila, hayette, khaoula et nacira)*

*A mon binôme Temani Dahbia, avec qui j'ai partagé les meilleurs moments malgré toutes les difficultés et les souffrances qu'on a passées.*

*A toutes mes copines, avec lesquelles j'ai passé des moments inoubliables ( nacera, salima, tina, asma, sonia, ines ) et qui m'ont toujours encouragé durant la période de mémoire*

*Ainsi à tous ceux ou celles qui m'ont apporté leur soutien, réconfort moral et à leur contribution dans l'élaboration de ce mémoire.*

*\*\* MERCI POUR TOUT \*\**

*AMIRA*

*\*\*\*Dédicaces\*\*\**

*Je dédie ce modeste travail :*

*Spécialement à mes chers parents qui ont tant attendu ce jour, tout le bonheur est pour moi de vous rendre fiers et satisfaits.*

*A mes frères et sœur pour leur soutien en particulier ma sœur « Souad ».*

*A mon binôme « Mira » avec qui j'ai partagé tout le parcours universitaire.*

*A tous mes adorables amis sur lesquels je peux compter.*

*Merci pour tout.*

*Liste des abréviations*

**ABS** : Absorbance.

**Abs** : Absence.

**AFNOR** : L'Association française de normalisation.

**ALCL3** : Chlorure d'Aluminium.

**AEch** : Absorbance de l'extrait.

**AT** : Absorbance de témoin.

**BHT** : Hydroxytoluène Butylé.

**°D** : Degré Dornic.

**DPPH** : 2,2 Diphényle-1-Picryl-Hydrazyle.

**Eq.AG** : Equivalent Acide Gallique.

**Eq CAT** : Equivalent Catéchine.

**Eq Q** : Equivalent quercétine.

**EST** : Extrait sec total.

**Fe+2** : Ion ferreux.

**Fe+3** : Ion ferrique.

**FeCl3** : Chlorure ferrique.

**HCL** : Acide Chlorhydrique.

**IC50** : Concentration inhibitrice a 50%.

**J.O.R.A** : Journal Officiel de la République Algérienne.

**Lb** : Lactobacilles.

**MS** : Matière sèche.

**MG** : Matière Grasse

**NaCl** : Chlorure de sodium.

**O<sub>2</sub>** : oxygène.

**PCA** : Plate Count Agar.

**PH** : Potentiel Hydrogène.

**PT** : Polyphénols totaux.

**Qtx** : Quintaux.

**SM** : Solution mère.

**Tr** : Tours.

**TTA** : Acidité titrable.

**TCA** : Acide trichloracétique.

**UV** : Ultra-violet.

**UFC** : Unité formant colonies.

**UHT** : Ultra haut température.

**VRBL** : Gélose Biliée au Cristal Violet et au Rouge neutre.

*Liste des figures*

<b>Figure n°1</b> : Action synergiques des ferments lactiques du yaourt.....	08
<b>Figure n°2</b> : Diagramme de fabrication du yaourt.....	09
<b>Figure n°3</b> : Arbres de figuier .....	11
<b>Figure n°4</b> : Morphologie d'une coupe longitudinale de la figue .....	12
<b>Figure n°5</b> : Schéma synoptique d'un séchoir solaire .....	14
<b>Figure n°6</b> : Photographie de la figue sèche utilisée .....	20
<b>Figure n°7</b> : Cuisson des figues sèches .....	21
<b>Figure n°8</b> : Filtration du sirop de figue .....	21
<b>Figure n°9</b> : Protocole de détermination de la densité de sirop.....	22
<b>Figure n°10</b> : Protocole de la matière sèche de sirop.....	22
<b>Figure n°11</b> : Protocole d'extraction des sucres.....	23
<b>Figure n°12</b> : Protocole de dosage des sucres totaux .....	23
<b>Figure n°13</b> : Protocole de dosage des PTS .....	24
<b>Figure n°14</b> : Protocole de dosage des flavonoïdes .....	25
<b>Figure n°15</b> : Protocole de dosage des tanins.....	26
<b>Figure n°16</b> : Protocole de test du phospho molybdate d'ammonium .....	27
<b>Figure n°17</b> : Protocole de mesure de pouvoir réducteur du fer .....	28
<b>Figure n°18</b> : Protocole de l'activité anti-radicalaire du DPPH .....	29
<b>Figure n°19</b> : yaourt nature utilisé.....	30
<b>Figure n°20</b> : Protocole de mesure de l'acidité titrable.....	31
<b>Figure n°21</b> : Protocole de mesure de la synérèse.....	32

<b>Figure n°22 :</b> Les étapes d'extraction des composés phénoliques à partir des yaourts préparés .....	33
<b>Figure n°23 :</b> Activité anti-radicalaire (DPPH) et pouvoir réducteur du phosphomolybdate et du chlorure ferrique du sirop de figue sèche .....	36
<b>Figure n°24 :</b> Taux de brix au cours du stockage.....	37
<b>Figure 25 :</b> Suivis de la densité apparente au cours du stockage.....	38
<b>Figure 26 :</b> Teneur en sucres totaux des différents yaourts préparés .....	39
<b>Figure 27 :</b> Evolution du pH au cours du stockage .....	39
<b>Figure 28 :</b> Acidité des différents yaourts .....	40
<b>Figure 29:</b> Taux de synérèse de yaourt.....	41
<b>Figure 30 :</b> La teneur des PTS des différents yaourts.....	42
<b>Figure 31 :</b> la teneur des flavonoïdes des différents yaourts .....	42
<b>Figure 32 :</b> La teneur en tannins condensés des extraits des yaourts .....	43
<b>Figure 33 :</b> Activité anti-radicalaire (DPPH) des extraits de yaourts.....	44
<b>Figure 34 :</b> Pouvoir réducteur du phosphomolybdate des yaourts à différentes concentrations. ....	35
<b>Figure 35 :</b> Pouvoir réducteur du phosphomolybdate de BHA, BHT et vit E à différentes concentrations.....	46
<b>Figure 36 :</b> Pouvoir réducteur du fer ferrique des extraits des yaourts à différentes concentrations.....	47
<b>Figure 37 :</b> Pouvoir réducteur du fer ferrique de BHA, BHT et vit E à différentes concentrations.....	47



*Liste des tableaux*

<b>Tableau I</b> : Taxonomie.....	12
<b>Tableau II</b> : composition de la figue fraiche et sèche en éléments nutritionnels.....	15
<b>Tableau III</b> : Production des figues en tonne des principaux pays dans le monde.....	18
<b>Tableau IV</b> : Principales villes de production de figues sèches en Algérie .....	19
<b>Tableau V</b> : Propriétés physico-chimiques du sirop de figues sèches.....	34
<b>Tableau VI</b> : Résultats des dosages des polyphénols de sirop de figues sèches .....	35
<b>Tableau VII</b> : Résultats des IC50 pour le test (réduction de molybdate, réduction du fer ferrique et inhibition du DPPH) .....	36
<b>Tableau VIII</b> : Résultats des IC50 pour le test du pouvoir réducteur phosphomolybdate d'ammonium .....	46
<b>Tableau IX</b> : Pouvoir réducteur du fer ferrique de BHA, BHT et vit E à différentes concentrations.....	48
<b>Tableau X</b> : Résultats des analyses microbiologiques des échantillons.....	49

# **Sommaire**

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction .....	1
<b>Chapitre I: Généralité sur le yaourt</b>	
1. Historique .....	3
2. Définition et réglementation.....	3
3. Classification du yaourt.....	3
4. Intérêt nutritionnel et thérapeutique .....	5
5. Les bactéries lactiques.....	5
5.1. Les caractères généraux des ferments lactiques .....	5
5.2. Rôles et intérêt des ferments lactiques .....	6
5.3. Symbiose entre les deux souches.....	7
6. Technologie du yaourt.....	8
7. Conservation.....	10
<b>Chapitre II: Généralités sur la figue</b>	
1. Le figuier .....	11
1.1 Historique .....	11
1.2 Description du figuier.....	11
1.3. Classification taxonomique .....	12
2. La figue sèche.....	13
3. Méthodes de séchages .....	13
3.1. Le séchage traditionnel (au soleil).....	13
3.2. Le séchage industriel .....	13
4. Composition chimique .....	14
4.1. Composés phénoliques .....	16
4.2. Les caroténoïdes .....	16
5. Effets thérapeutiques de la figue .....	16
6. Propriété antioxydante.....	17
7. Les figues dans le monde et en Algérie.....	17
<b>Chapitre III: Matériel et méthode</b>	
1. Matériel végétal.....	20
1.1. Origine et provenance des figues sèches .....	20

---

1. 2 Méthode de préparation du sirop de figes sèches .....	20
2. Analyses physico-chimiques du sirop étudié .....	21
2.1. Mesure de PH .....	21
2.2. Mesure de brix .....	21
2.3. Densité apparente (DA) .....	22
2.4. La matière sèche (AOAC, 2008) .....	22
5.5.2. Dosage .....	23
3. Composés phénoliques et activité antioxydant du sirop.....	23
3.1. Dosage des polyphénols totaux soluble.....	23
3.2. Dosage des flavonoïdes .....	24
3.3. Dosage des tannins condensés .....	25
4. Activités antioxydants du sirop .....	26
4.1. Pouvoir réducteur .....	26
4.1.1. Réduction du phosphomolybdate d'ammonium .....	26
4.1.2. Réduction du chlorure ferrique .....	27
4.1.3. Pouvoir anti-radicalaire du DPPH.....	28
5. Incorporation du sirop de figes sèches dans un yaourt nature.....	29
6. Analyses physico-chimiques des yaourts préparés.....	29
6.1. Mesure de Brix et détermination de la densité apparente.....	29
6.2. Détermination de la Matière sèche (MS).....	29
6.3. Teneur en sucre totaux.....	29
7. Paramètres fermentaires des yaourts .....	30
7.1. Mesure de PH .....	30
7.2. Détermination de l'acidité en °Dornic .....	30
8. Composés phénoliques et activité antioxydant des extraits des yaourts .....	31
8.1. Extraction des composés phénoliques .....	31
8.2. Dosage des composés phénoliques.....	32
8.3. Activités antioxydantes.....	32
<b>Chapitre IV: Résultats et discussion</b>	
1. Sirop de fige sèche .....	33
1.1. Paramètres physico-chimiques du sirop de figes sèches .....	33
1.2. Composés phénoliques .....	33
1.3. Activité antioxydante.....	34

---

2. Yaourt.....	36
2.1. Analyses physico-chimiques des yaourts préparés.....	36
2.1.1. Le taux de brix .....	36
2.1.2. La densité apparente .....	37
2.1.3. Taux de sucre .....	37
2.2. Paramètres fermentaires des yaourts étudiés.....	38
2.2.1. PH des yaourts au cours du stockage.....	38
2.2.2. Acidité des yaourts au cours du stockage .....	39
2.2.3. La synérèse au cours du stockage .....	39
2.3. Composés phénoliques .....	40
2.3.1. Teneur Phénols totaux solubles .....	40
2.3.2. Teneur flavonoïdes.....	41
2.3.3. Teneur en tanins condensés.....	42
2.4. Activité antioxydante.....	43
2.4.1. Activité anti-radicalaire (DPPH).....	43
2.4.2. Pouvoir réducteur.....	44
2.5. Analyses microbiologiques.....	48
Conclusion.....	49
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

# **Introduction**

### **Introduction**

Depuis plusieurs siècles, l'Homme a utilisé la fermentation pour conserver un grand nombre d'aliment. Au cours de cette fermentation, il se produit des modifications de la texture et de la, saveur du produit. Les bactéries lactiques présentent un grand intérêt dans l'élaboration des produits alimentaires en particulier les produits laitiers fermentés par des procédés de fermentation lactique. Elles assurent non seulement les caractéristiques particulières d'arômes et de textures, mais aussi une bonne santé alimentaire (**Ghozlane, 2012**).

Parmi ces laits fermentés, le yaourt qui est sans doute le plus consommé et le plus préféré en raison de sa valeur nutritionnelles et thérapeutiques. Le yaourt ou yoghourt est un produit laitier coagulé obtenu par la fermentation lactique grâce à l'action principal de ferments lactiques *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* à partir du lait frais ou pasteurisé (concentré, partiellement écrémé ou enrichis en extrait sec) avec ou sans addition (**Bourlioux et al., 2011**).

Dans le marché, sont présentés divers types de yaourts qui sont supplémentés de différents ingrédients repartis en fruits et en légumes secs. On cite entre autres, les fraises, le kiwi, fragment de blé, les mûrs forestières et les cerises. En plus de la valeur nutritionnelle remarquable du yaourt, de son goût et sa texture appréciée, les ingrédients ajoutés peuvent communiquer ou améliorer des propriétés thérapeutiques et nutritionnelles du produit enrichi. Ceci lui permet d'acquérir, à la fois, des fonctions médicales et alimentaires. C'est dans ce contexte que cette présente étude s'intéresse et vise à incorporer le sirop de figue sèche dans un yaourt nature.

La figue (*Ficus carica*) est parmi les principaux fruits dans la région méditerranéenne (**FAO, 2012**). De nos jours elle est largement appréciée pour ses avantages nutritionnels liés à la teneur élevée en acide oléique, en plus des antioxydants naturels, important, dans la prévention de nombreuses maladies (**Visioli, 1995**). Cette richesse pourrait être exploitée en biotechnologie comme un candidat potentiel au statut nutritif.

Le choix de cet élément pour l'enrichissement de ce yaourt revient à sa richesse en sucres, fibres, et sels minéraux, la figue renferme de nombreux composés bioactifs, dont les caroténoïdes, les vitamines, les polyphénols en particulier les flavonoïdes, qui caractérisent ce fruit par des propriétés antioxydantes et thérapeutiques remarquables (**Vinson et al., 2005 ; Imran et al., 2011 ; Alsalvar, 2013**).

Par conséquent, pour réaliser cette étude deux parties vont être traitée :

- La première partie de cette étude est consacrée à une synthèse bibliographique portant sur des généralités sur les figues ainsi qu'une description du yaourt.
- a deuxième partie qui est la partie expérimentale traite l'enrichissement d'un yaourt nature à base de sirop de figes sèches (*Ficus carica*) et détermination des paramètres physico-chimiques des différents yaourts préparés aux cours du stockage et aussi du sirop, des analyses microbiologiques ont été effectués sur les même yaourts, également évaluation de l'activité antioxydant des extraits phénoliques de ces produits enrichis, ainsi que le sirop utilisé.



# **Chapitre I**

## **Généralités sur le yaourt**

## **1. Historiques**

Le yaourt (yoghourt ou yogourt) vient de yoghur mark, un mot turc signifiant « épaissir » (**Tamime et Deeth, 1980**).

Le yaourt, a connu un envol considérable dans de nombreux pays, après la deuxième guerre mondiale. Le yaourt est à la fois le lait fermenté le plus consommé et le mieux connu (**Larpent et Bourgois, 1989**). En 1902, deux médecins français, Ris et Khoury, isolent les bactéries présentes dans un lait fermenté égyptien ensuite Metchnikoff (1916) sélectionne les deux bactéries spécifiques du yaourt et analyse l'action acidifiante du lait fermenté et propose une méthode de production sûre et régulière (**Rousseau, 2005**).

C'est en 1919 qu'Isaac Carasso commence à produire du yaourt selon des procédés industriels (**Pelletier et al., 2007**).

## **2. Définition et réglementation**

Le yaourt est un lait fermenté moderne. Selon le **codex Alimentarius (1975)**, le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par la fermentation lactique grâce à l'association de deux bactéries spécifiques « *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus* » et « *Streptococcus salivarius subsp thermophilus* » à partir des laits frais ou pasteurisés (ou concentré partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) avec ou sans addition (de lait en poudre, poudre de lait et autre).

Les microorganismes du produit final doivent être viables et abondants (**FAO, 1998**).

Tous les produits contenant des ferments autres que ceux cités ci-dessus ne peuvent se voir attribuer le nom de yaourt mais celui de lait fermenté, ce qui est le cas de la plupart des nouveaux produits dits « produits santé ».

## **3. Classification du yaourt**

Il existe de nombreux types de yaourt avec une composition chimique, des saveurs, et techniques de fabrication différentes (**Brule et al., 2003**).

➤ **Selon la technologie de fabrication**

• Type ferme (étuves ou traditionnels) qui est conditionné et refroidi en pot avec soit du lait entier, lait partiellement ou totalement écrémé (**Luquet, 1985**).

• Type brassé (ou à caillé brassé) qui est incubé en cuve et refroidi avant le conditionnement, avec une texture presque fluide amenée à une consistance crémeuse après coagulation (**Alais et al., 1997**).

• Type boisson (dilué ou à boire) c'est le même processus de fabrication de type brassé mais le mélange est battu afin de devenir liquide avant qu'il soit conditionné en pot.

➤ **Selon la matière grasse :**

• Yaourt entier : contenant au minimum 3% de matière grasse en poids ;

• Yaourt partiellement écrémé : contenant entre 0,5% et 3% de matière grasse ;

• Yaourt écrémé : contenant au max 0,5% de matière grasse (**Gosta, 1995**).

➤ **Selon les ajouts autorisés :**

Le yaourt peut être sucré suite à l'ajout d'un ou plusieurs sucres autorisés par la réglementation en vigueur (**Codex Alimentarius., 2007**).

• Yaourt aromatisé : addition d'arôme autorisé dans la préparation de yaourt qui peut être nature ou sucré (**Shakeel et al., 2012**) ;

• Yaourt fruité : addition de fruits ;

• Yaourt light : addition d'édulcorant.

➤ **Selon la texture**

• Yaourt ferme ou étuvé : une texture ferme à surface lisse (**Mohtadji –Lamballais, 1989**) ;

• Yaourt brassé : présente une texture (presque fluide) onctueuse (**Eck, 1975**), avec une consistance crémeuse après coagulation (**Alais et al., 1997**) ;

- Yaourt à boire : avec une texture liquide (**fredot, 2005**).

#### **4. Intérêt nutritionnel et thérapeutique**

La composition du lait subit un certain nombre de modification au cours de la fermentation, ce qui fait du yaourt meilleur que le lait du point de vue nutritionnel (**Mahaut et al., 2000**).

En plus de ses caractéristiques organoleptiques, les yaourts et de nombreux laits fermentés sont dotés de fonctionnalités bénéfiques pour la santé, liées aux souches bactériennes spécifiques qu'ils contiennent.

Ainsi :

- La fermentation avec les lactobacilles améliore la digestion et l'assimilabilité des nutriments (**Goldin, 1989**).

- L'acide lactique est légèrement antiseptique ce qui empêche l'installation des germes pathogènes dans le tube digestif du consommateur. Il stimule le système immunitaire.

- Les substances élaborées par les souches *Lactobacillus* contenues dans le yaourt ont un pouvoir antimicrobien (**Jeantet et al., 2008**). Le yaourt présente une action hypocholestérolémiant (**Mahaut et al., 2008**).

- Le yaourt est donc un aliment vivant, qui d'une façon générale, diminue les symptômes de dérangement intestinal (**Fredot, 2005**).

#### **5. Les bactéries lactiques**

Le yaourt est un écosystème naturel qui fait intervenir plusieurs populations bactériennes spécifiques, parmi ces populations, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus*, qui lui confèrent une texture et des propriétés organoleptiques et/ou nutritionnelles particulières (**Beal C et al., 1998**).

##### **5.1. Les caractères généraux des ferments lactiques**

Les bactéries lactiques sont sous forme cocci ou bâtonnets à Gram positif, immobiles, asporulées fermentant les sucres. Ces dernières permettent de fabriquer et conserver un certain nombre d'aliments (**Renault, 2002**).

Elles sont typiquement hétérotrophes et aéro anaérobies facultatives (Pissang, 1992).

Dans la fabrication de yaourt, la fermentation se fait grâce à l'utilisation simultanée de deux bactéries spécifiques (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* (Courtin, 2002). *Streptococcus thermophilus* se développe entre 30 et 45°C, elle est moins acidifiante, produit du Co<sub>2</sub> et de l'ammoniac à partir de l'urée comme elle produit également, des composés aromatiques : di acétyle, acétaldéhyde et acétoïne (Larpent, 1991). *Lactobacillus bulgaricus* se développe à une température de 45 à 50°C. Elle présente une grande activité acidifiante en fermentant le lactose et produit de l'acétaldéhyde (Bourgeois et Larpent, 1999).

## 5.2. Rôles et intérêt des ferments lactiques

### ❖ Production d'acide lactique

En technologie laitière, l'une des principales fonctions des bactéries lactiques est la production d'acide lactique. Car cet acide organique permet de concentrer et de conserver la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobien (Schmidt *et al.*, 1994).

Le métabolisme est du type homofermentaires (production exclusive de l'acide lactique). L'acidité du yaourt est communément exprimée en degré Dornic (1°D = 0,1g/l d'acide lactique). Elle se situe entre 100 et 130 °D (Loones, 1994).

### ❖ Activité protéolytique

Pour satisfaire leurs besoins en acides aminés, les bactéries de yaourt doivent dégrader la fraction protéique du lait constitué de caséine et de protéines sériques, leur système protéolytique est constitué de deux types d'enzymes distinctes : les protéases et les peptidases (Tariket, 2016). Cette activité protéasique permet d'hydrolyser la caséine en polypeptide. *St. Thermophilus* est considérées comme ayant une faible activité endopeptidasique. Elle dégrade les polypeptides par son activité exopeptidasique en acide aminé libre (Ghalem, 2014).

### ❖ Activité aromatique

C'est principalement le lactose qui intervient dans la formation des composés volatils et aromatiques du yaourt. L'acétaldéhyde est le composé aromatique le plus caractéristique de la

flaveur du yaourt car il lui confère son gout acidulé (Şenel *et al.*, 2011). Il provient en grande partie de la transformation de la thréonine par *LB. Bulgaricus* (Chaves *et al.*, 2002).

#### ❖ **Activité texturant**

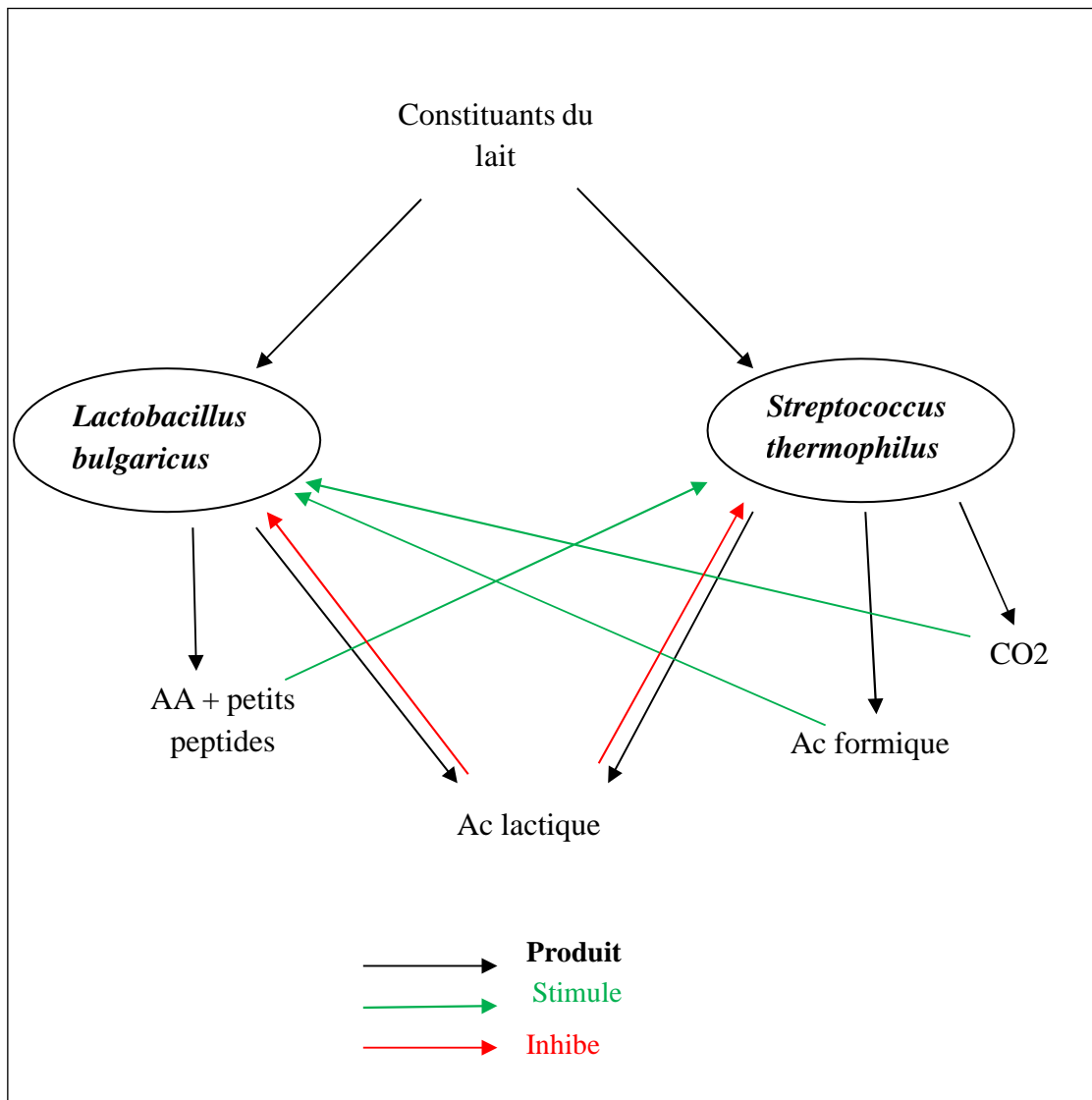
La texture et onctuosité constituent, d'importants éléments d'appréciation de la qualité du yaourt. L'augmentation de la viscosité du yaourt est en général attribuée à la production d'exopolysaccharides (EPS) qui seraient essentiellement composés de rhamnose, arabinose et mannose (Schmidt *et al.*, 1994). Il est couramment admis que la production des EPS est le résultat de l'action exercé par *ST. Thermophilus*. Mais *LB. Bulgaricus* possède une aptitude à produire des EPS composés de galactose, glucose et rhamnose (Tamime *et al.*, 1999). La présence d'EPS a pour rôle de réduire la synérèse lors du stockage au froid des produits laitiers fermentés (Georges et Luquet, 2008).

### **5.3. Symbiose entre les deux souches**

Les deux espèces, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* sont micros aérophiles et vivent ensemble en association dans le yaourt en produisant d'avantage d'acide lactique. L'interaction entre ses deux espèces dénommées autrefois symbiose est appelée maintenant protocoopération, car il s'agit d'une coopération (Figure 01), qui n'est pas indispensable à la survie des deux ferments (Mahaut *et al.*, 2004).

En effet, le Lactobacille, par son activité protéolytique, attaque la caséine qui libère les peptides permettant au Streptocoque de se croître (Mahaut *et al.*, 2004).

De son côté, le Streptocoque stimule le Lactobacille par production d'acide formique (Arsene-Ploetze et Bringel, 2004).



**Figure 01** : Action synergiques des ferments lactiques du yaourt (Mahaut *et al.* , 2000)

## 6. Technologie du yaourt

Le lait est standardisé à la teneur en matières grasses souhaitée du produit fini et peut être enrichi en extrait sec laitier. Il est homogénéisé pour faciliter la dispersion de la matière grasse et traité à 90°C pendant quelques minutes. Ce traitement thermique conduit notamment à la destruction des bactéries pathogènes, l'inactivation des enzymes, l'immobilisation de la plupart des protéines solubles sur les molécules de caséine. Le lait est ensuite refroidi pour atteindre la température optimale de fermentation (environ 45°C). L'ensemencement (rapport de 1% à 5%) est généralement réalisé à l'aide d'un levain préparé en cuve. La fermentation se déroule en 2 à 3 heures : pour les yaourts fermes, le laitensemencé est directement mis en pots ; dès formation du caillé, ceux-ci sont stockés à 4°C, de façon à stopper l'acidification (Syndifrais, 1997).

Le diagramme de fabrication diffère d'un type de yaourt à un autre, et les principales étapes sont illustrées dans le diagramme de la (figure 02).

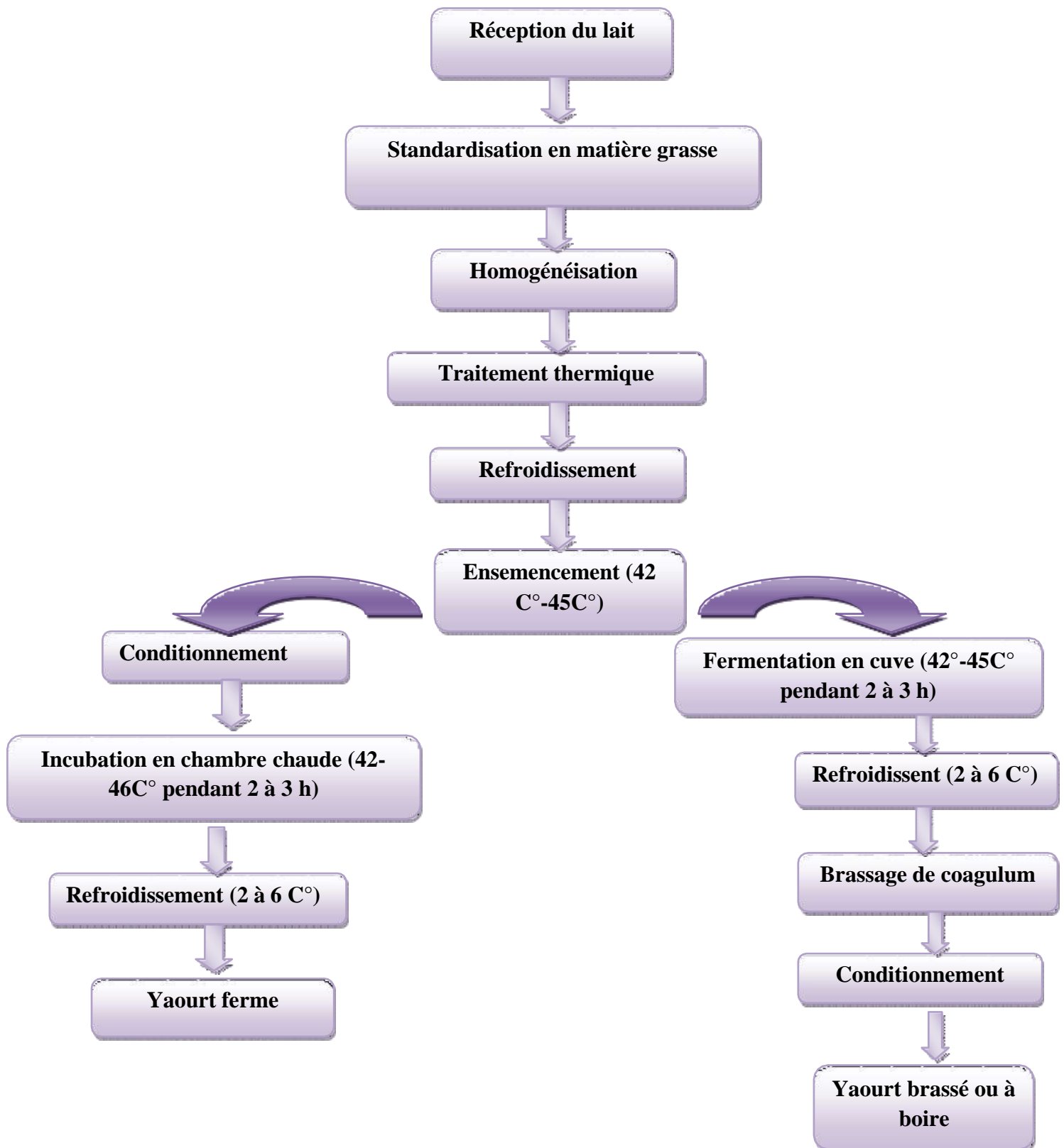


Figure 02 : Diagramme de fabrication du yaourt (SeydiM, 2002).



## **7. Conservation**

Le yaourt doit être conservé à basse température, au réfrigérateur ou au congélateur. La température maximale conseillée pour le yaourt est de 4°C. IL doit être consommé avant la date de péremption figurant sur l'emballage (24 jours après la fabrication).

Lorsqu'un récipient est ouvert, il convient de consommer son contenu rapidement pour éviter l'installation de moisissures (**Dupin, 1992**).

# **Chapitre II**

## **Généralités sur la figure**

## 1. Le figuier

### 1.1. Historique

Depuis l'Antiquité, les figuiers ont pris racine en Afrique du Nord, grâce aux pouvoirs nutritifs et médicinaux de ces fruits, ils ont conquis l'espace et gagné une place dans le quotidien de leurs habitants **(El Bouzidi, 2002)**.

A travers les âges, le figuier a évolué d'une plante sauvage à un arbre cultivé très apprécié pour ses valeurs mythiques, religieuses, elle est citée dans la "Sourate Attine" du Coran **(Jeddi, 2009)**. La figue a ainsi servi d'édulcorant bien avant que le sucre ne soit connu **(Deborah et Stéphanie, 2008)**.

D'après les connaissances actuelles le centre d'origine et de diversité du figuier semble se situer dans le bassin méditerranéen oriental et au Moyen-Orient, où se trouvent les principaux producteurs mondiaux (notamment la Turquie). On le trouve depuis longtemps dans tout le bassin méditerranéen, de la Syrie au Maroc, de la Turquie au Portugal. Les figues ont été introduites sur tous les continents par les colons espagnols **(FAO, 2012)**.

### Description du figuier

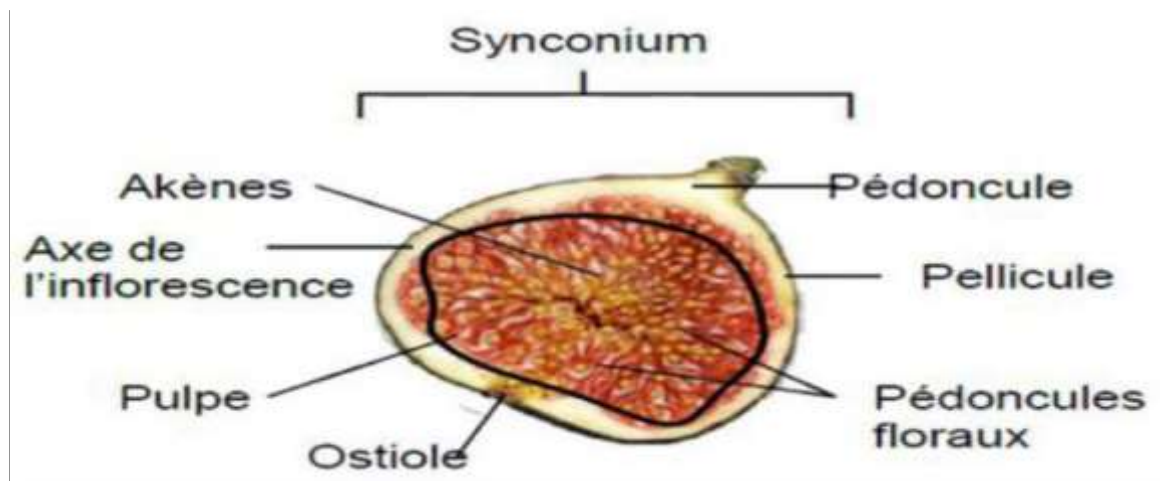
Le figuier (Figure 03).ou ficus du latin est un arbre peu exigeant et très indulgent qui sait s'adapter et produire longtemps. Il tolère les climats chauds et froids, mais pas l'ombre **(Jeddi, 2009)**. Cet arbre a une grande capacité de régénération végétative et une productivité élevée. Il produit des fruits sans fleurs visibles **(Chawla et al., 2012)**.



**Figure 03:** Arbres de figuier **(El khaloui, 2010)**.

La figue est alors composée d'une pellicule (peau ou épiderme), une pulpe composée d'un réceptacle contenant les graines (akènes), un ostiole (œil ou opercule) et un pédoncule (Figure 04) (Deborah et Stéphanie, 2008).

On distingue ; les figues blanches avec un épiderme jaune à vert et une pulpe rouge assez sucrée, et les figues colorées avec un épiderme brun, rouge, violet et même noir et une chair plus ou moins foncée (Khadari *et al.*, 1994).



**Figure 04 :** Morphologie d'une coupe longitudinale de la figue (Déborah et Stéphanie, 2008).

### 1.3. Classification taxonomique

Selon (Azzi, 2013), *Ficus carica* est classé comme suit :

**Tableau I :** Taxonomie (Azzi, 2013).

Règne	Végétale
Sous-règne	Plantes
Classe	Angiosperme
Sous-classe	Dicotylédones
Ordre	Hamamélidées
Famille	Moracées
Genre	Ficus
Espèce	Carica

## 2. La figue sèche

La figue sèche est le produit obtenu à partir des fruits secs et mûrs de *Ficus carica*, de la famille Moracea. C'est une source de nutrition importante pour les humains (FAO, 2010). Le séchage a pour objectif de réduire fortement les diverses actions participant à la décomposition des aliments afin de stabiliser et de standardiser les denrées périssables par inhibition des réactions chimiques indésirables (Okos *et al.*, 1992). Elle peut être séchée soit par des moyens traditionnels (séchage solaire) ou dans des séchoirs (karathaanos *et al.*, 1997).

## 3. Méthodes de séchages

Pour conserver leur récolte, les agriculteurs utilisent les procédés de séchage traditionnels à petite échelle. Mais pour pouvoir commercialiser de grandes quantités de figues industrielles, les industriels utilisent des procédés plus efficaces pour avoir un produit de qualité stable.

### Le séchage traditionnel (au soleil)

Le séchage au soleil est une méthode de conservation traditionnelle (Sen *et al.*, 2010 ; Faleh *et al.*, 2012) utilisée pour obtenir les figues sèches sans dépense financière et avec des équipements simples. Cette méthode permet d'obtenir des figues avec un bon goût et une bonne consistance (Fleh *et al.*, 2012).

Les figues sont étalées en monocouche sous le soleil dans un endroit bien aéré, les espacer sur les claies, facilitant ainsi la circulation de l'air autour des fruits. Pour séchage régulier, les fruits doivent être retournés chaque jour. Le séchage dure 3 à 6 jours, selon la température de la saison. Les figues sont considérées sèches lorsqu'elles acquièrent une élasticité au touché et ne laisse pas s'écouler de sirop sous l'effet d'une pression entre le pouce et l'index. Toutes les variétés de figues sont aptes au séchage, celles qui sont blanches, plus riches en sucre et ayant une peau fine sont les plus demandées au marché (El Khaloui, 2010).

### Le séchage industriel

Le séchage industriel est basé sur l'utilisation des séchoirs conventionnels (four) ou hybrides (four et solaire) pour la déshydratation (Barbosa-Canovas et Vega-Mercado, 1996). Le bon séchage des figues exige des conditions optimales de température, la vitesse de

l'air circulante et le taux d'humidité. Un air chaud très sec peut éliminer l'humidité des fruits rapidement, si la peau du fruit le permet, car elle constitue une barrière empêchant l'évaporation de l'eau (Xanthopoulos *et al.*, 2010). Utilisation d'un prétraitement comme le blanchiment, qui produit des microfissures sur la peau et élimine la couche cireuse, ce qui favorise l'évaporation de l'eau du fruit (Jeddi, 2009).

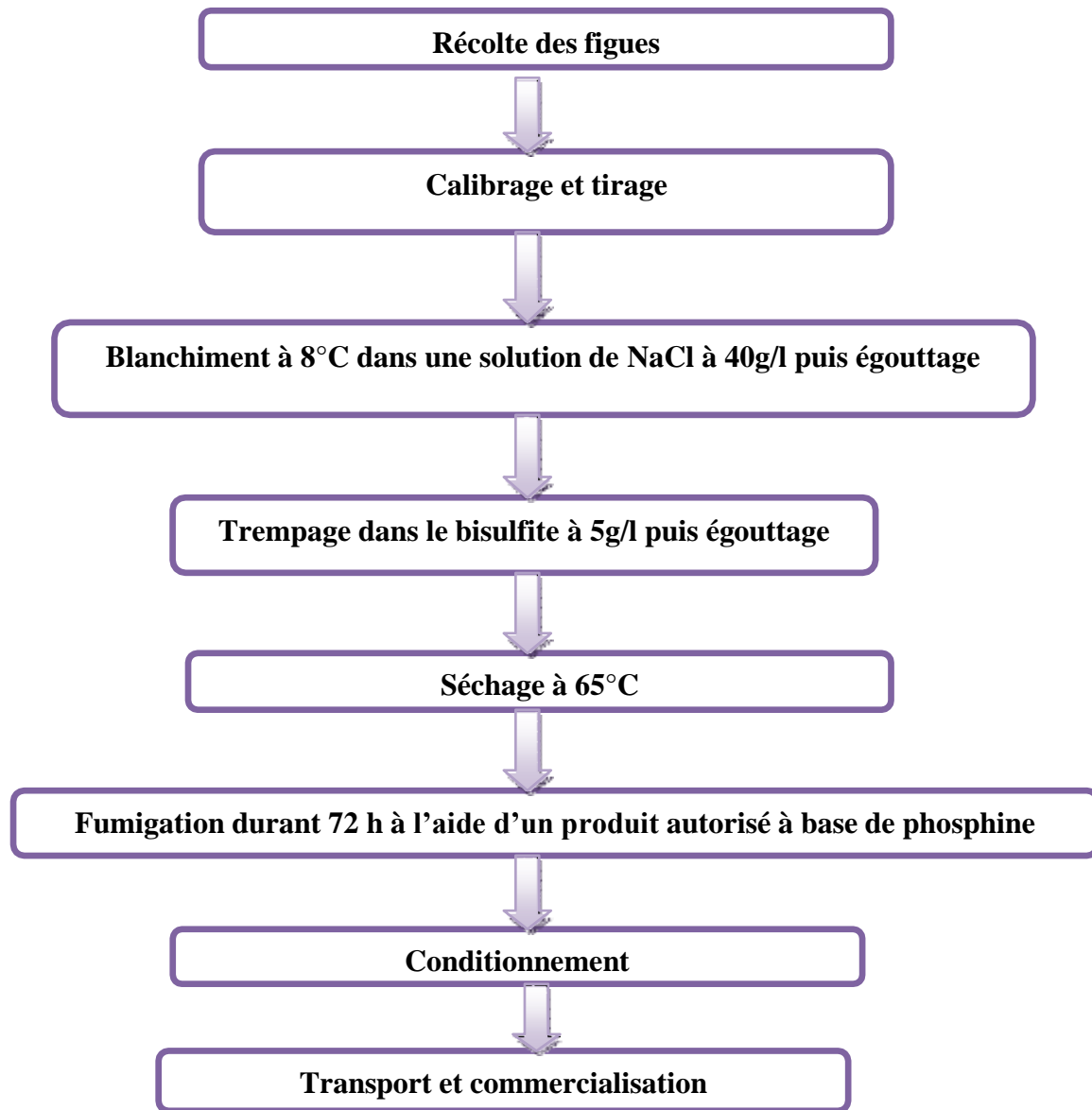


Figure 05 : Schéma synoptique d'un séchoir solaire (Ferradji *et al.*, 2011).

#### 4. Composition chimique

La figue sèche fait partie des meilleurs fruits pour la santé. Elle présente une source de très nombreuses vitamines (A, K, B1, B5, B6, ...) (Valette, 1997). A l'état frais, la figue renferme en moyenne 80% d'eau et 13% de sucres, après séchage les sucres dépassent les 53% elle est donc énergétique (El khaloui, 2010). Elles sont principalement sous forme de

sucres inverti, l'analyse des figues fraîches et séchées a montré la présence de 15,2 % et de 45 à 95 % de sucres réducteurs (El-Shobaki FA *et al.*, 2010). La figue contient une faible quantité en lipides (MG), environ 1,9% (Kolesnik *et al.*, 1986 ; El Khaloui, 2010). Les lipides neutres présentent la plus grande proportion des lipides totaux, les principaux composés sont les triacylglycérols à raison de 50 % (Kolesnik *et al.*, 1986), elle contient des taux élevés en acide gras non essentiels qui sont présent dans la chair et des acides gras essentiels qui sont particulièrement présent dans l'écorce (Guvenc *et al.*, 2009).

**Tableau II** : Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels (composition moyenne pour 100g/f) (Azzi, 2013).

Constituants	Figues fraîche	Figue sèche
Energie (kcal)	54,0	224,0
Eau (g)	79,5	25,0
Glucides (g)	13,0	52,0
Protéines (g)	0,90	3,2
Lipides (g)	0,2	1,2
Fibres alimentaires (g)	2,3	8,0
Vitamine C : acide ascorbique (mg)	5,0	1,0
Provitamine A : carotène (mg)	0,046	0,08
Vitamine B1 : thiamine (mg)	0,05	0,08
Vitamine B2 : riboflavine (mg)	0,05	0,09
Vitamine PP : niacine (mg)	0,46	0,80
Vitamine B5 : acide pantothénique (mg)	0,30	0,44
Vitamine B6 : pyridoxine (mg)	0,11	0,22
Calcium (mg)	60,0	160,0
Potassium (mg)	232	770,0
Sodium (mg)	3,0	14,0
Phosphore (mg)	23	71,0
Magnésium (mg)	18	62,0
Fer (mg)	0,78	2,5

### Composés phénoliques

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires communs des plantes (Caliskan et Polat, 2011). Ils représentent un constituant important de qualité du fruit en raison de leur contribution au goût, couleur etc (Vebric *et al.*, 2008).

Les polyphénols sont des composés très diversifiés et peuvent être classés en nombreuses classes et sous-classes : les acides phénoliques, les flavonoïdes, les anthocyanes, les tannins etc (Curtay et Robin, 2000 ; Sirichaet *et al.*, 2010).

Les figues représentent une très bonne source de composés phénoliques (Marinova *et al.*, 2005 ; Valejo *et al.*, 2012). Leur taux se diffère habituellement non seulement selon la variété mais aussi d'une partie à une autre du même fruits (Solomon *et al.*, 2006 ; Vebric *et al.*, 2008). En outre les variétés de figues à peau foncée ont des quantités plus élevées de polyphénols, de flavonoïdes et d'anthocyanes accompagnés d'une activité antioxydante plus élevée par rapport aux variétés de figues à peau plus claire (Solomon *et al.*, 2006).

### Les caroténoïdes

Ce sont des molécules qui forment une grande famille (famille des carotènes) (Bossokpi, 2002), elles sont composées de 40 atomes de carbones formés de huit unités isoprènes à des extrémités pouvant être cycliques (Hadj, 2009 ; Andrew *et al.*, 2018), et des pigments liposolubles (Curtay et Robin, 2000). Ils contribuent à la coloration jaune, orange ou rouge des fruits et légumes (Bossokpi, 2002).

*Ficus Carica* est l'une des sources des caroténoïdes avec environ 11 mg E $\beta$ C/100g MS (Ouchemoukh *et al.*, 2012). Selon (Solomon *et al.*, 2006), la figue contient plusieurs caroténoïdes tels que la lutéine, cryptoxantine et lycopène qui est le plus abondant.

## 5. Effets thérapeutiques de la figue

Bien que peu d'études se soient spécifiquement concentrées sur les figues, il existe plusieurs études prospectives, des études épidémiologiques montrent qu'une forte consommation de fruits et légumes réduit le risque des maladies cardiovasculaires (Botondi *et al.*, 2003), certains cancers (Severin *et al.*, 2010) et d'autres maladies chroniques telles que le diabète de type 2 (Harding *et al.*, 2008).

Elles sont un type particulier de nourriture en raison de leur contenu nutritionnel. Sa richesse en fibres à un effet laxatif, il est donc recommandé d'utiliser les figues en cas de



troubles du tube digestif car elle favorise le transit intestinal (**El Khaloui, 2010**). S'il n'absorbe pas ses composants, il peut être considéré comme un prébiotique dans la partie supérieure du système digestif, il peut se développer et/ou stimuler des bactéries bénéfiques dans le côlon, il améliore la composition de la flore intestinale et est bénéfique pour la santé de l'hôte (**Miyazato et al., 2010**).

Différentes parties d'un figuier telles que l'écorce, les feuilles, les pousses, les fruits, les graines, le latex sont importantes dans l'usage thérapeutique. Ses fruits, ses racines et ses feuilles sont utilisés pour divers troubles gastro-intestinaux tels que coliques, indigestion, perte d'appétit et diarrhée, problèmes respiratoires (mal de gorge, toux, asthme et problèmes bronchiques), inflammation, maladie cardiovasculaire, ulcère, maladie du foie, diabète, Gingivite, grippe et cancer (**Chawla et al., 2012**).

## **6. Propriété antioxydante**

La figue est plus particulièrement sa pelure est très riche en antioxydants ayant la capacité de neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme humain qui sont à l'origine des cancers et des maladies dégénératives (**Crisosto et al., 2010**) les différentes études ont démontré que la consommation de fruits et légumes riches en antioxydants permettent la lutte contre certaines maladies cardiovasculaires, certains cancers (**Soerjomataram et al., 2010**). Et d'autres maladies chroniques comme le diabète de type 2 (**Harding et al., 2008**). Les antioxydants du type flavonoïdes permettent dans une certaine mesure de parer au développement des cellules cancéreuses (**Çalışkanet Polat, 2011**).

## **7. Les figues dans le monde et en Algérie**

Les figues sont un produit agricole important dans le bassin Méditerranéen. Dans le monde, la Turquie occupe la première place dans la mesure où elle réalise 24,7% de la production mondiale de figues fraîches, et la moitié de la production de figues sèches. (**Özden, 2008**). L'Algérie vient en troisième position après la Turquie, l'Égypte (tableau III).

La production nationale en figue fraîche de la campagne figuicole 2007/2008 est estimée à 551.360 qtx et celles soumises au séchage est de 87.470 qtx. La figue sèche obtenue est de 36.530 quintaux et le rendement par arbre est de 13.8Kg (**MARD, 2008**).

Les principales villes de production de figues en Algérie sont illustrées dans le (tableau IV). Bejaia prédomine la culture figuicole algérienne avec une production en figue atteignant

plus de 120 000 qtx suivie de Tizi-Ouzou avec près de 62 000 qtx, et produisent respectivement plus de 19 000 et 9 000 en figues sèches.

**Tableau III** : Production des figues en tonne des principaux pays dans le monde (FAOSTAT, 2015).

<b>Pays</b>	<b>Production par tonnes</b>
Turquie	260508
Egypte	165484
Algérie	120187
Maroc	114770
Iran	75927
Syrie	42944
Espagne	28993
Brésil	26233
Tunisie	26000
Albanie	19600

Tableau IV : Principales villes de production de figues sèches en Algérie (MARD, 2008).

Wilaya	Production consommée fraîche (qx)	Production soumise au séchage (qx)	Production totale (qx)	Rendement (Kg/arbre)	Production de figues sèches (qx)
Bejaia	79 102	46 828	124 930	11,2	19 234
Tizi-Ouzou	41 922	20 269	62 191	8,4	9 043
Blida	34 829	1 150	35 979	60,0	1 100
Brouira	27 059	3 723	30 782	19,7	1 241
Tissemssilt	24 263	1 277	24 263	32,1	847
Khenchela	20 690	2 330	20 690	39,6	740
Stif	16 330	2 850	18 180	3,4	847
Boumerdès	13 970	702	14 672	14,7	290
Tlemcen	11 280	1 960	13 240	27,4	800
Mascara	10 300	80	10 360	16,1	23
Tipaza	9 595	2 610	12 205	19,5	300
Chlef	8 100	2 050	10 150	13,6	360
Ain-Defla	7 800	900	370	16,9	470
B.Bouarreridj	6 476	1 196	9 685	6,7	508
Batna	4 911	265	5 175	13,3	180

# **Chapitre III**

## **Matériel et méthodes**

## 1. Matériel végétal

### Origine et provenance des figues sèches

Pour la réalisation de ce travail on a utilisé les figues sèches (*Ficus carica L*) de la variété Taamriwth qui proviennent de la région de Boussellam (wilaya de Sétif), récoltées et séchées en septembre 2021 (Figure 06).



**Figure 06** : Photographie de la figue sèche utilisée.

### 1. 2 Méthode de préparation du sirop de figues sèches

Les figues sèches sont tout d'abord débarrassées, de toutes impuretés et corps étrangers. Les 500g de figues sèches déjà nettoyées sont mis à cuisson à la vapeur pendant 30 min (figure 07). Après cuisson, enlever les petits pédoncules, en découpant chaque fruit en 2 morceaux pour faciliter l'extraction de maximum de quantités de sirop. Mettre les figues sèches avec 500 ml d'eau au feu moyen jusqu'à ce que les figues sèches soient tendres et aient un changement de couleur. Après l'ébullition du mélange on ajoute 100 g de sucre et on continue la cuisson pendant 35min. A l'aide d'une mouline légumes, broyer le mélange et remettre sur feu durant 5min. Filtrer la préparation en pressant fortement pour extraire le maximum de liquide (sirop de figues sèches) (figure 08). Conserver le sirop préparé dans un flacon en verre à l'abri de la lumière, en marquant la date de fabrication.



**Figure 07 :** Cuisson des figes sèches.



**Figure 08 :** Filtration du sirop de fige.

## **2. Analyses physico-chimiques du sirop étudié**

Les analyses physico-chimiques d'un produit sont réalisées afin de garantir les caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques de ce dernier.

### **Mesure de PH**

C'est la détermination en unité PH de la différence du potentiel existant entre deux électrodes plongées dans le produit objet de la mesure (**Norme AFNOR V 05-108**).

### **Mesure de brix**

Le degré de brix est déterminé à l'aide d'un réfractomètre de paillasse. Il représente la matière sèche soluble présente dans l'échantillon et est corrélé à la teneur en sucres.

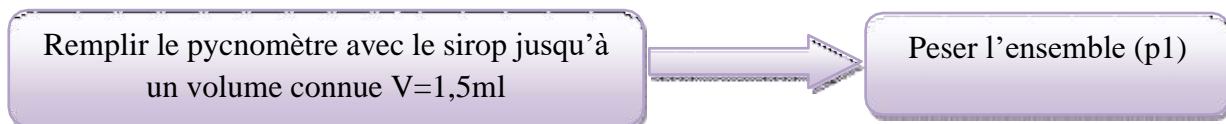
On dépose une goutte d'échantillon sur la surface du prisme du réfractomètre puis on baisse le deuxième sur la première. La limite de séparation entre la zone claire et la zone

obscur soluble contenue dans l'échantillon. Le résultat obtenu est exprimé en Brix (Roussos *et al.*, 2011).

### Densité apparente (DA)

La densité est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse volumique de l'échantillon à 20°C et la masse volumique de l'eau distillé.

### Mode d'opérateur



**Figure 09** : Protocole de détermination de la densité de sirop (Chau et Huang, 2003).

La DA est calculée selon l'équation suivante :

$$DA \text{ (g /ml)} = (P1-P0) / V$$

Où :

P0 : poids de pycnomètre vide.

P1 : poids de pycnomètre après remplissage.

V : volume utilisé.

### La matière sèche (AOAC, 2008)

La teneur en eau est déterminée par évaporation de l'eau de la prise d'essai dans une étuve à 105°C jusqu'à obtention d'un poids constant.

### ❖ Mode opératoire



**Figure 10** : Protocole de la matière sèche de sirop.

$$H\% = (P1- P0 / P) \times 100$$

P0 : poids du creuset vide (g).

P1 : poids du creuset après séchage (g).

P : prise d'essai (g).

## Teneur en sucres totaux

### Extraction

La détermination de la teneur en glucides totaux est réalisée par la méthode colorimétrique à l'antrone décrite par (Osborne et Voogt, 1986).

#### ❖ Mode opératoire

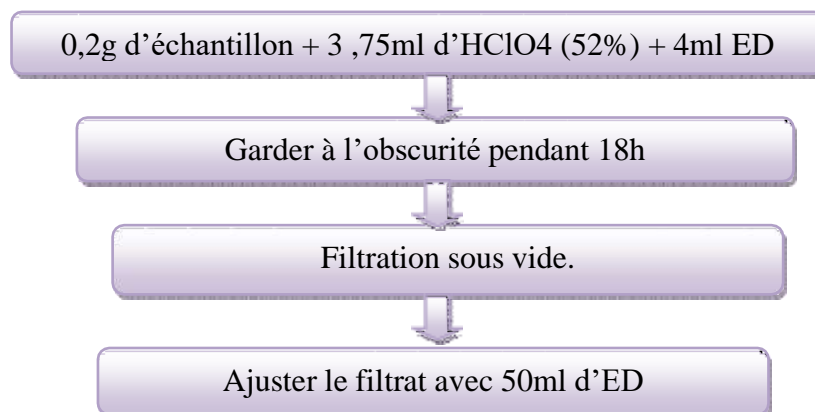


Figure 11 : Protocole d'extraction des sucres (Morris, 1948 ; Bachelier et Gavinelli, 1966).

### 5.5.2. Dosage

On a utilisé l'extrait collecté pour le dosage de sucres totaux

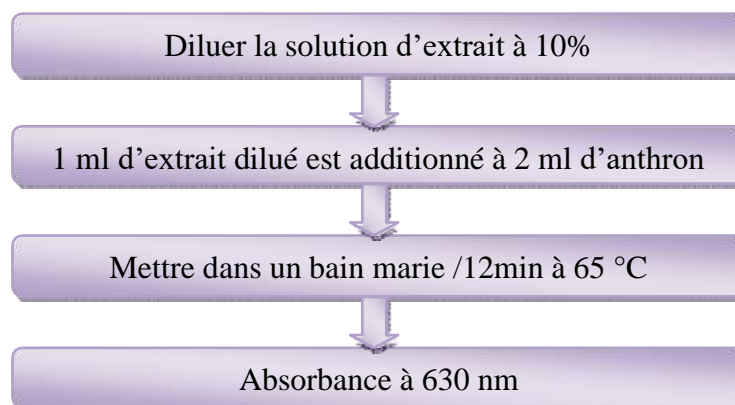


Figure 12 : Protocole de dosage des sucres totaux (Osborne et voogt, 1986).

## 3. Composés phénoliques et activité antioxydante du sirop

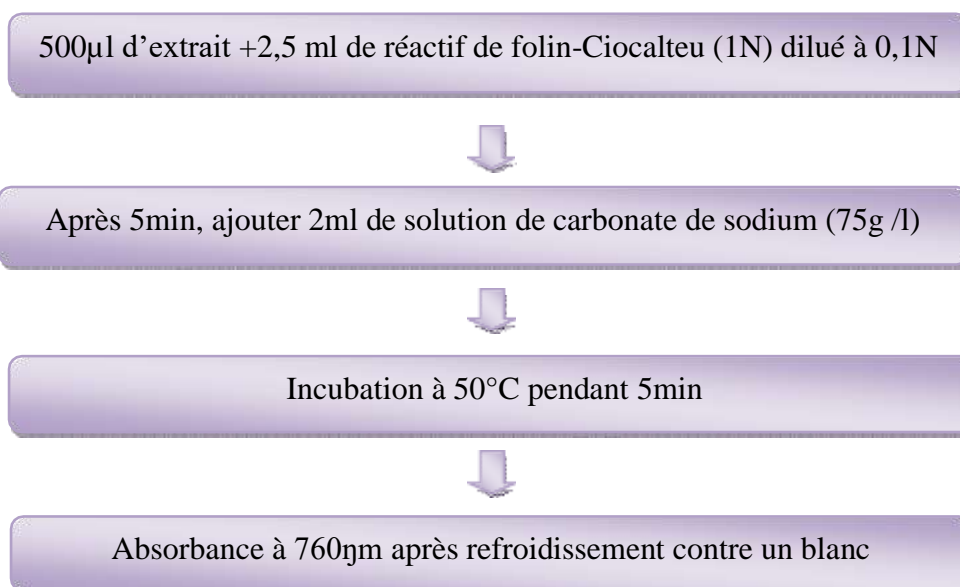
### Dosage des polyphénols totaux solubles

Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique (H3PW12O40) et d'acide phosphomolybdique (H3PMo12O40). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en



un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La coloration produite, est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits (**Boizot et Charpentier, 2006**).

#### ❖ Mode opératoire



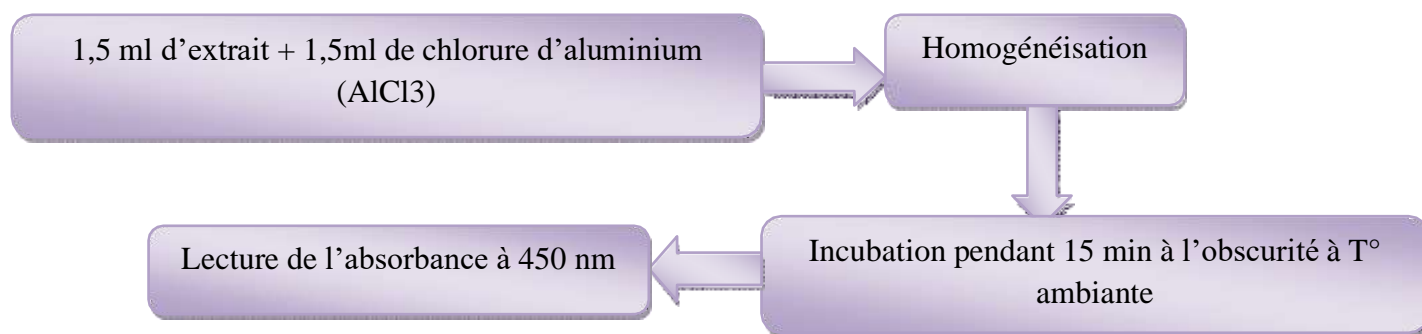
**Figure 13** : Protocole de dosage des phénols totaux soluble (**Škerget et al., 2005**).

Les concentrations en phénols totaux solubles sont déterminées par référence à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique (**figure 01, annexe I**). Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide Gallique /100 g de matière sèche.

#### Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes est basé sur la formation de complexe jaunâtre par chélation de l'ion  $Al^{3+}$  par la réaction chlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ) avec les flavonoïdes qui possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre. La coloration jaune produite est proportionnelle à la quantité de flavonoïde présente dans l'extrait (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

## ❖ Mode d'opérateur



**Figure 14** : Protocole de dosage des flavonoïdes (Ribéreau-Gayon, 1968).

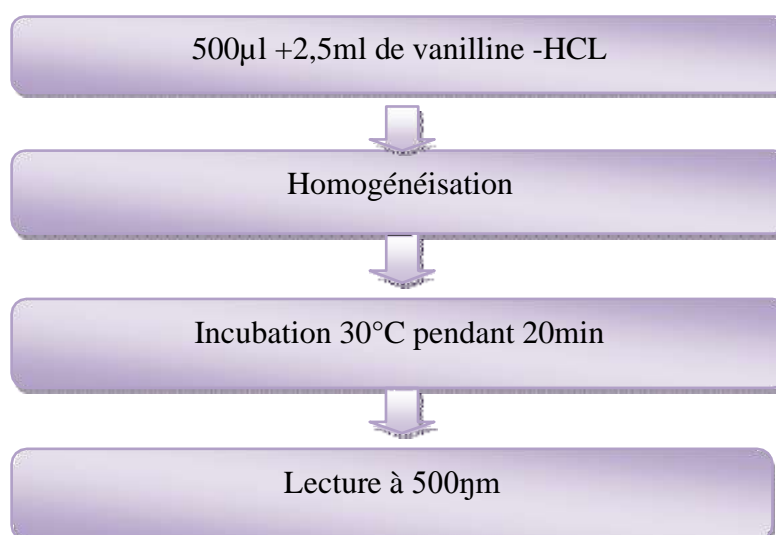
Les résultats sont exprimés en mg équivalent de quercétine par g d'extrait (mg EQ /100g d'extrait), en se référant à une courbe d'étalonnage (figure 02, annexe I).

### Dosage des tannins condensés

Cette méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités de tannins condensés dans un milieu acide pour produire un complexe rouge mesuré à 500 nm. (Hagerman, 2002).

## ❖ Mode opératoire

La méthode de dosage des tannins condensés est la suivante :



**Figure 15** : Protocole de dosage des tannins condensés (Deshpande *et al.*, 1986).

Les résultats sont exprimés en mg équivalent de catéchine par 100 g d'extrait (mg EC /g d'extrait), par référence à une courbe d'étalonnage (figure 03, annexe I).

#### 4. Activités antioxydants du sirop

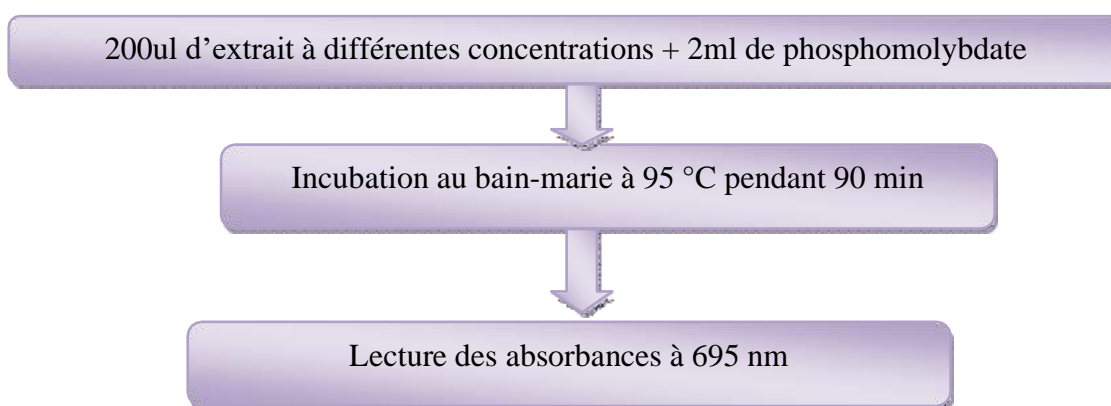
##### Pouvoir réducteur

##### Réduction du phosphomolybdate d'ammonium

Le test phospho molybdate (PPM) est basé sur la réduction, en milieu acide, de l'ion  $MO^{+6}$  en ion  $MO^{+5}$  par des substances réductrices présentes dans l'extrait qui forment avec le phosphate- $MO^{+5}$  des complexes de couleur verdâtre (Prieto *et al.*, 1999).

##### ❖ Mode opératoire

Le protocole du pouvoir réducteur a été réalisé selon ces étapes :



**Figure 16** : Protocole de test du phospho molybdate d'ammonium (Prieto *et al.*, 1999).

Les résultats seront interprétés par comparaison à l'activité antioxydant des standards tels BHA, BHT et réalisée dans les mêmes conditions.

Le pourcentage du pouvoir réducteur du phosphomolybdate est calculé par la relation suivante :

$$P1\% = ((AEch-AT) \times 100)$$

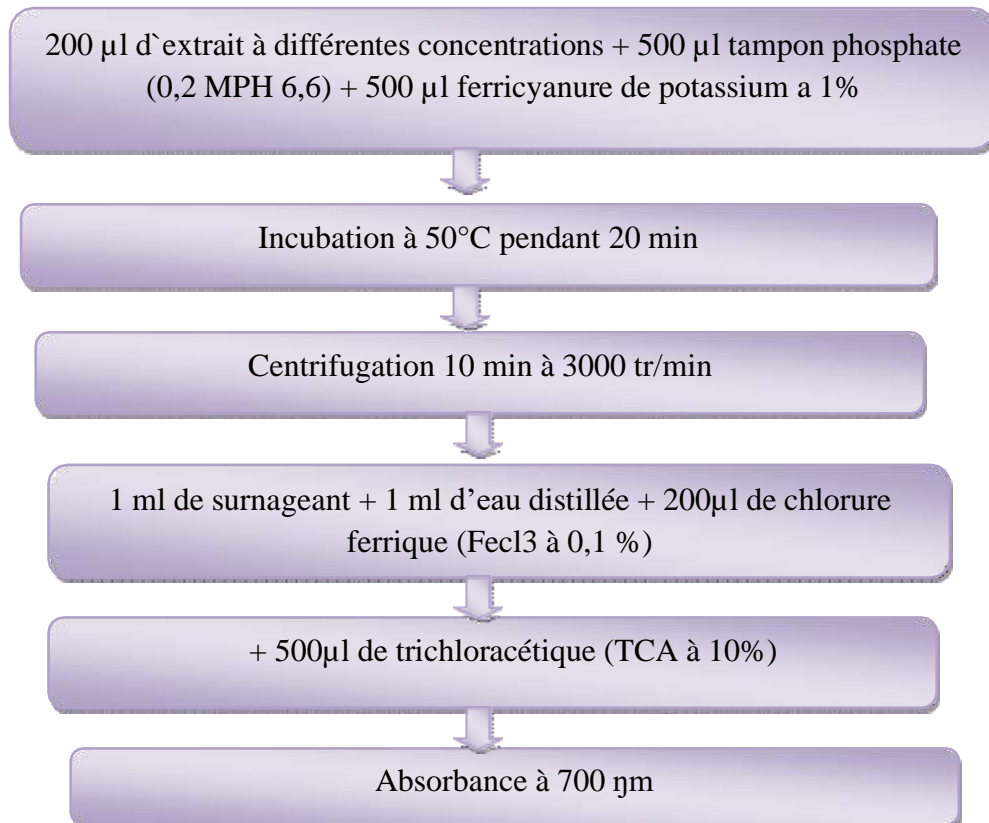
Avec :

- **AT** : Absorbance de témoin (sans l'extrait) ;
- **AEch** : Absorbance de l'extrait.

### Réduction du chlorure ferrique

Le pouvoir réducteur est estimé par l'aptitude des antioxydants présents dans les extraits à réduire le fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ) du complexe ferricyanure en fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ). La forme réduite de ce complexe donne une couleur verte qui est proportionnelle aux concentrations des extraits (Öztürk *et al.*, 2007).

#### ❖ Mode opératoire



**Figure 17** : Protocole de mesure du pouvoir réducteur du fer (Li *et al.*, 2009).

Les résultats seront interprétés par comparaison à l'activité antioxydant des standards tels BHA, acide ascorbique et réalisée dans les mêmes conditions.

Le pouvoir réducteur est estimé en pourcentage de réduction selon l'équation suivante :

$$\mathbf{P\% = ((AEch - AT) / AEch) \times 100}$$

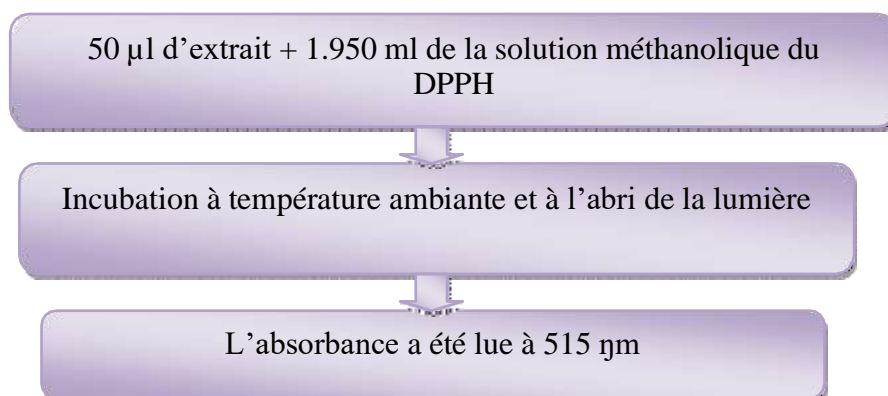
Avec :

- **AT** : Absorbance de témoin (sans l'extrait) ;
- **AEch** : Absorbance de l'extrait.

### Pouvoir anti-radicalaire du DPPH

Dans ce test, les antioxydants réduisent le diphénylpicryl-hydrayl ayant une couleur violette en un composé jaune, le diphénylpicryl-hydrazine, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (Sanchez-Moreno, 2002).

#### ❖ Mode opératoire



**Figure 18 :** Protocole de l'activité anti-radicalaire du DPPH (Molyneux, 2004).

Les résultats seront interprétés par comparaison à l'activité anti-radicalaire des standards, BHA, BHT et réalisés dans les mêmes conditions.

**Contrôle :** 50 µl d'éthanol 80% + 1.950 ml de la solution méthanolique du DPPH fraîchement préparée

La capacité antioxydante de nos extraits est exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH selon l'équation suivant :

$$\% \text{ d'inhibition} = \frac{\text{abs contrôle} - \text{abs échantillon}}{\text{abs contrôle}} \times 100$$

## **5. Incorporation du sirop de figes sèches dans un yaourt nature**

Le yaourt utilisé est le yaourt nature de la marque SOUMMAM (figure 20).



**Figure 19** : Yaourt nature utilisé.

L'incorporation de sirop de figes sèches s'est faite à différents pourcentages comme suit :

YF0% : 0% de sirop de figes sèches incorporé au yaourt nature (témoin).

YF2% : incorporation de 2% de sirop de figes sèches dans le yaourt nature.

YF4% : incorporation de 4% de sirop de figes sèches dans le yaourt nature.

YF6% : incorporation de 6% de sirop de figes sèches dans le yaourt nature.

Les lots des yaourts ont été préparés dans des flacons stériles, puis stockés à 4 C° durant 28 jours.

## **6. Analyses physico-chimiques des yaourts préparés**

### **Mesure de Brix et détermination de la densité apparente**

On a mesuré le brix et déterminé la densité apparente au cours du stockage des différents yaourts préparés le 1er, 7, 14, 21 et le 28ème jour.

Les méthodes utilisées ont été déjà citées précédemment (dans la partie du sirop).

### **Détermination de la Matière sèche (MS)**

Selon AOAC (1975), La teneur en eau est déterminée par évaporation de l'eau de la prise d'essai dans une étuve réglée à 105°C ± 2°C.

### **Teneur en sucre totaux**

La méthode d'extraction et de dosage des sucres totaux pour les yaourts a été déjà citée précédemment (dans la partie du sirop).

## 7. Paramètres fermentaires des yaourts

### Mesure de pH

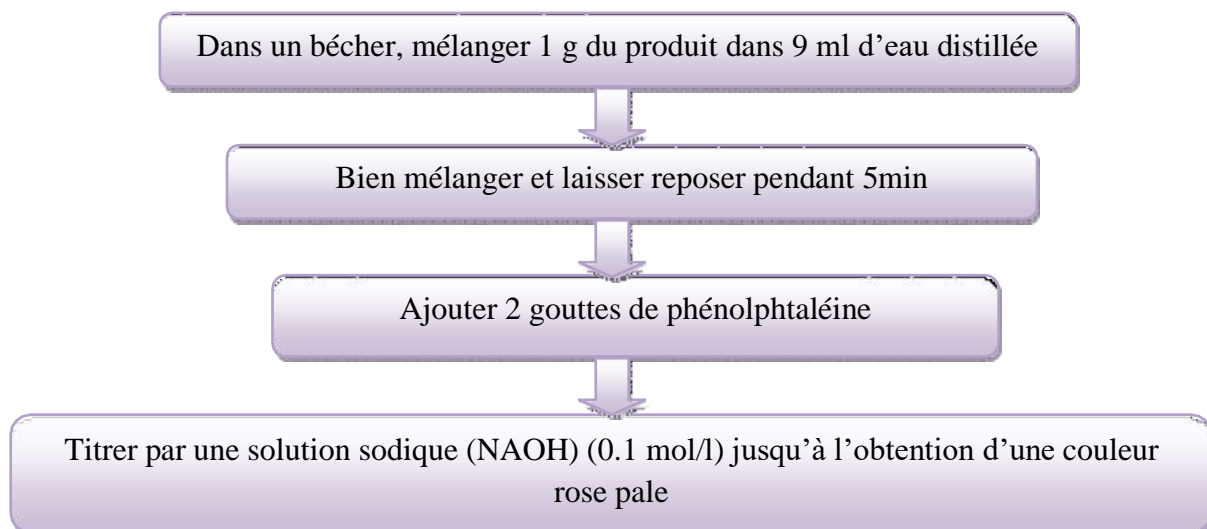
On a mesuré le pH aux cours du stockage des différents yaourts préparés le 1er, 7ème, 14ème, 21ème et le 28ème jour.

### Détermination de l'acidité en °Dornic

L'acidité d'un produit laitier est la quantité d'acide lactique libéré par transformation du lactose en acide lactique en présence des bactéries lactiques, le principe repose sur le titrage de l'acide lactique par une solution alcaline (NaOH 0,1 mol /l) en présence d'un indicateur de couleur qui est la phénolphtaléine (**Jacque Mathieu, 1998**).

L'acidité dornic des yaourts est calculé chaque semaine jusqu'aux 28 jours, elle est exprimée conventionnellement en degrés dornic (D°) (**Shori et Baba, 2013**).

#### ❖ Mode opératoire



**Figure 20** : Protocole de mesure de l'acidité titrable (**Shori et Baba, 2013**).

#### • Expression des résultats

$$\text{TTA (\%)} = V \text{ NaOH} \times 0.1 \times 100 \times 0.009 \times 10$$

**Acidité (°D) = TTA \* 100**

**TTA (g/ml)** : Acidité titrable.

**V (NaOH)** : Volume de NaOH (ml) utilisé pour la titration.

**0,1** : Représente la concentration du NaOH (0,1N).

**10** : Le facteur de dilution (10-1).

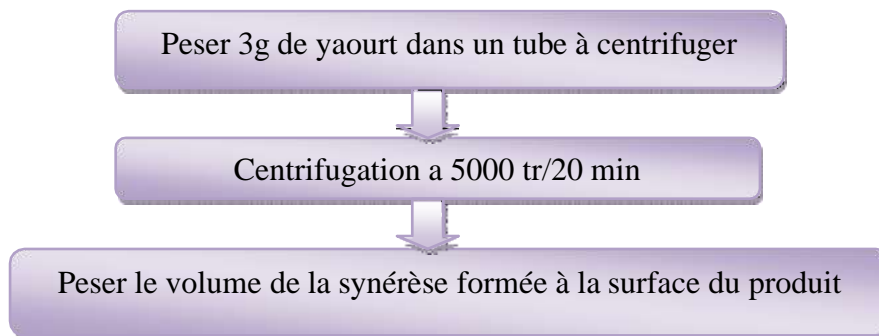
**100** : Le pourcentage.

**0,0090** : Coefficient correspondant à l'acide lactique.

### Mesure de la Synérèse (S)

La synérèse est un phénomène physique fréquent au cours du stockage du yaourt qui affecte l'acceptabilité de celui-ci par le consommateur. Elle est définie par la séparation du lactosérum du gel ou caillé (**Tseng et Zhao, 2013**). Elle est mesurée selon la méthode de (**Purwandi et al., 2007**).

#### ❖ Mode opératoire



**Figure 21** : Protocole de mesure de la synérèse (**Purwandi et al., 2007**).

#### • Expression des résultats

$$S (\%) = \frac{\text{Poids de lactosérum collecte} \times 100}{\text{Prise d'essai}}$$

## 8. Composés phénoliques et activité antioxydant des extraits des yaourts

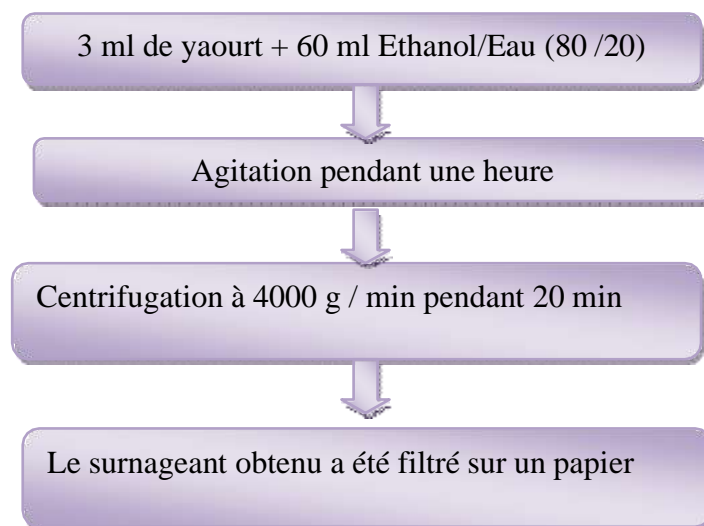
### Extraction des composés phénoliques

L'extraction est un transfert du principe actif de la matrice vers le solvant selon un gradient de concentration (**Pereira et al., 2013**).



### ❖ Mode opératoire

L'extraction des composés phénoliques a été obtenue par macération selon la méthode décrite par (Skерget *et al.*, 2005). Le mélange Ethanol-Eau (80%) est utilisé comme solvant d'extraction.



**Figure 22 :** Les étapes d'extraction des composés phénoliques à partir des yaourts préparés (Skерget *et al.*, 2005).

### Dosage des composés phénoliques

Les méthodes de dosage des différents composés phénoliques (phénols totaux solubles, flavonoïdes, tanins) sont citées dans la partie de sirop.

### Activités antioxydante

Les tests du pouvoir réducteur (réduction du phosphomolybdate d'ammonium et du chlorure ferrique) et le pouvoir anti-radicalaire du DPPH ont été cités précédemment (la partie sirop).

# **Chapitre IV**

## **Résultats et discussion**

## 1. Sirop de figue sèche

### Paramètres physico-chimiques du sirop de figues sèches

Le tableau ci-dessous représente quelques paramètres physico-chimiques du sirop de figues sèches (pH, Brix, Densité, Sucres totaux).

**Tableau V** : Propriétés physico-chimiques du sirop de figues sèches.

Paramètres	pH	Brix	Densité	Sucres totaux
Valeurs	4,38 ± 1,5	37,25 ± 0,25	1,14 ± 0,04	65,92 ± 0,054 %

Les analyses effectuées sur le sirop ont montré que son pH est acide  $4,38 \pm 1.5$  et le brix  $37,25 \pm 0,25$ . En revanche on constate que la densité est de  $1,14 \pm 0,04$  et une valeur élevée de sucres totaux qui est de  $65,92 \pm 0,054\%$ .

D'après nos résultats illustrés dans le tableau V, le pH acide du sirop est dû à sa richesse en acide citrique en effet la figue sèche contient 3,02 (poids sec de base) total des acides (Al Askari *et al.*, 2012).

Le sirop de figue sèche présente un degré de brix de  $37,25 \pm 0,25$  cette valeur est proche à celle trouvée par (Naikwadi *et al.*, 2010) dans une étude sur la déshydratation des figues à l'aide de différents sirops de sucres.

La teneur en sucres totaux obtenue dans la présente ( $65,92 \pm 0,054\%$ ) est largement supérieure à celle trouvée par (Bachir Bey, 2015) qui est de 12,26% pour la variété Taamriwth. Cette différence de teneur en glucide pourrait être expliquée par l'addition de sucre dans la préparation de sirop de figue sèche.

### Composés phénoliques

Les teneurs en différentes classes de composés phénoliques qui se trouvent dans le sirop de figues sèches sont représentés sur le tableau VI.

**Tableau VI** : Résultats des dosages des polyphénols de sirop de figes sèches.

Composés	Phénols totaux	Flavonoïdes	Tanins condensés
<b>Valeurs</b>	322,22 ± 5,21 (Mg Eq d'Acide Gallique /100g d'extrait)	117,86 ± 2,74 (Mg Eq de quercétine /100g d'extrait)	526,30 ± 5,24 Mg Eq de catéchine /100g d'extrait)

Le sirop de figes sèches se caractérise par une variabilité de teneurs en composés phénoliques. Selon le tableau ci-dessus on remarque que les tanins condensés présentent la teneur la plus élevés 526,30 ± 5,24 (Mg Eq catéchine/100g d'extrait), suivis de phénols totaux qui présentent une teneur moyenne de 322, 22± 5,21(Mg Eq d'Acide Gallique /100gd'extrait), par contre les flavonoïdes représentent la plus faible teneur 117,86 ± 2,74 (Mg Eq de quercétine /100g d'extrait).

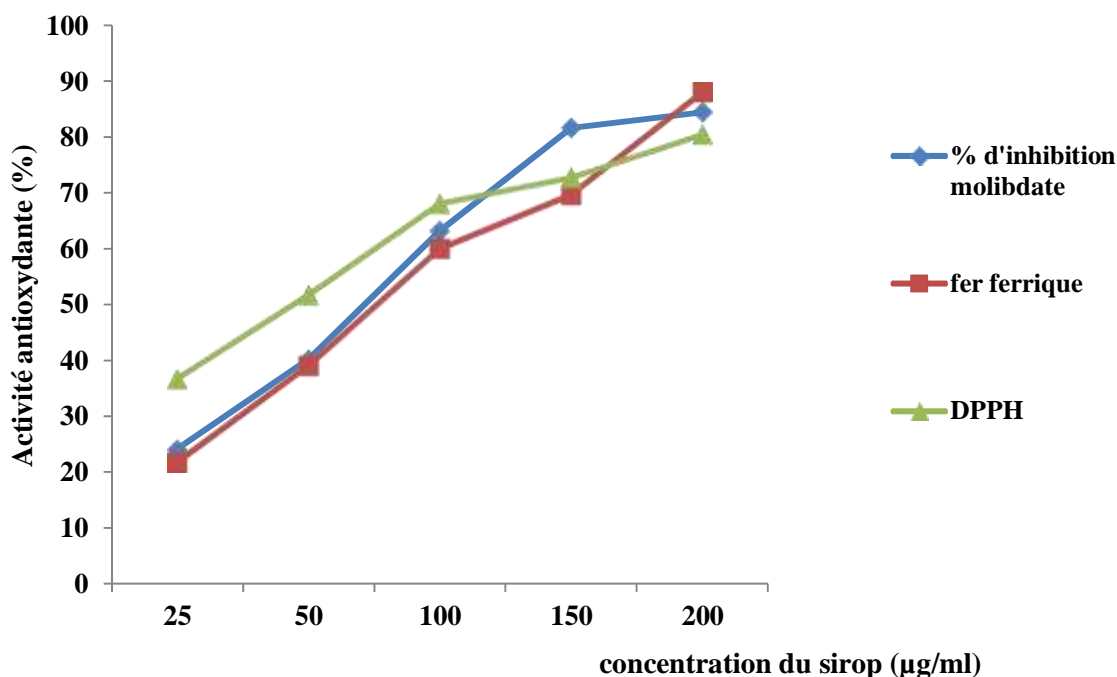
D'après les résultats illustrés dans le tableau VI, l'échantillon testé contient une quantité de composés phénoliques (966,38 mg /100g d'extrait) qui est nettement supérieure à celle énoncée par (**Bachir Bey et al., 2014**) qui a trouvé une valeur de (527 mg /100g) pour l'extrait de la même variété de fige sèche que celle étudiée dans le présent travail.

L'analyse de six fruits par (**Vinson et al., 2005**) révèle que la fige est plus riche en polyphénols (360 mg /100g) comparativement à d'autres fruits tel que l'abricot (128 mg /100g), la datte (257 mg /100g), le raisin 14 mg /100g) et la prune (157 mg /100g).

### Activité antioxydante

L'activité antioxydante du sirop de figes sèches étudié est évalué par de différents tests (réduction de molybdate, réduction du fer ferrique et inhibition du DPPH).

La figure ci-dessous résume les résultats l'évolution de l'activité anti-radicalaire DPPH ainsi que la réduction du phosphomolybdate et du chlorure ferrique de sirop de fige sèche.



**Figure 23 :** Activité anti-radicalaire (DPPH) et pouvoir réducteur du phosphomolybdate et du chlorure ferrique du sirop de figue sèche.

Selon les résultats obtenus d'où on a utilisé les différents tests (réduction de molybdate, réduction du fer ferrique et inhibition du DPPH) en utilisant le sirop préparé à plusieurs concentrations à savoir : 25, 50, 75, 100 et 200 µg/ml, on constate que l'activité antioxydante augmente en augmentant la concentration du sirop, donc cette activité est proportionnelle à la concentration.

Dans le présent travail les résultats de pourcentage de réduction, exprimé en concentration inhibitrice à 50% (IC<sub>50</sub>) du sirop ont été comparés à celui de la BHA. D'après le tableau VII on constate que notre extrait aqueux (sirop) présente une meilleure efficacité réductrice que le standard.

**Tableau VII :** Résultats des IC<sub>50</sub> pour le test (réduction de molybdate, réduction du fer ferrique et inhibition du DPPH).

Échantillons	Molybdate	fer ferrique	DPPH	BHA
IC <sub>50</sub> Sirop (µg/ml)	61,83	67,97	46,10	70,00

Puoci et ses collaborateurs, 2011 ont réalisé une étude sur l'activité antioxydante de sirop de figue et ont eu des résultats confirmant nos données. Les analyses HPLC ont fourni des informations spécifiques sur la composition des antioxydants dans le sirop étudié (Bachir Bey *et al.*, 2015).

## 2. Yaourt

### Analyses physico-chimiques des yaourts préparés

D'après les analyses effectués au laboratoire Ben Yahia les résultats de la MS du yaourt est comme suit : YF0 : 19,18, YF2 : 19,18, YF4 : 19,19, YF6 : 19,20.

### Le taux de brix

La Figure 24 montre que le taux de brix est significativement différent ( $p < 0,05$ ) pour tous les échantillons.

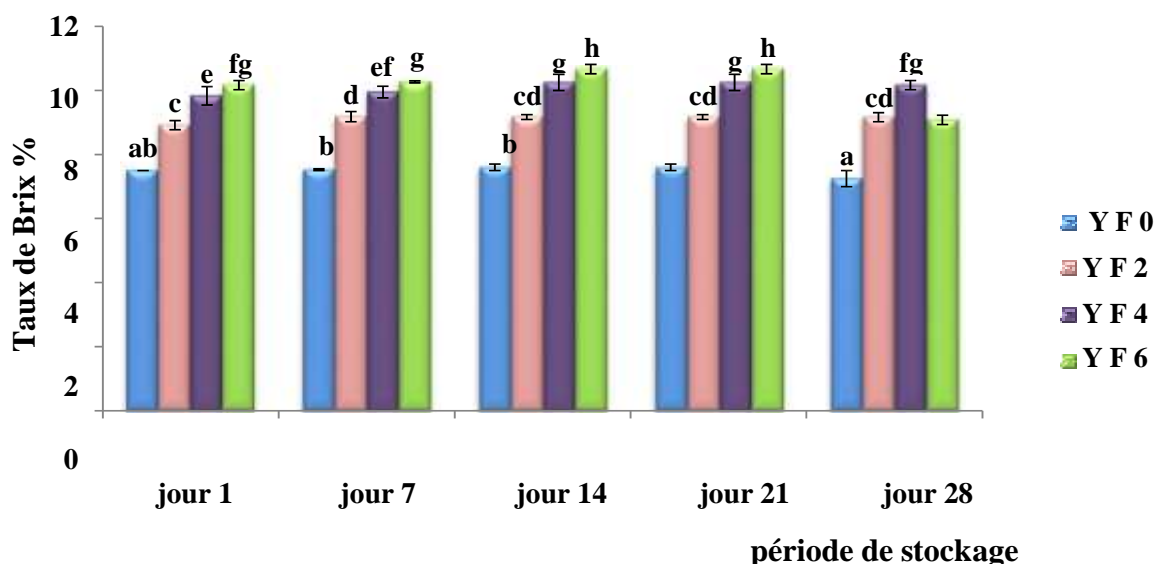


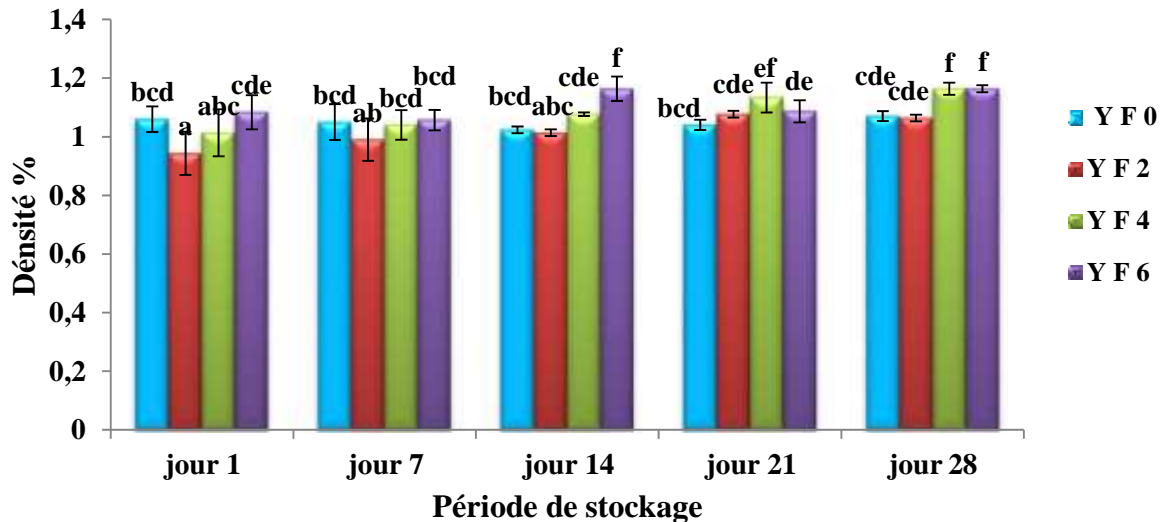
Figure 24 : Taux de brix au cours du stockage.

En comparant le degré de brix entre le yaourt témoin et les yaourts enrichis avec le sirop de figes sèches au cours du stockage. On constate que le degré de brix de yaourt augmente progressivement en augmentant la concentration du sirop (7,5% pour YF0 et 10% pour YF6). Cependant on note une légère diminution de brix pour tous les yaourts au-delà du 28<sup>ème</sup> jours.

D'après les résultats illustrés dans la figure 24 on note que les valeurs de brix des yaourts enrichis varient entre 9,25 à 10,75%, ses valeurs sont dans l'intervalle de celles de (Jideani et Zanha, 2012) 9,10 et 17% qui ont travaillé sur un yaourt enrichi de soja.

### La densité apparente

Les résultats de densité de nos différents échantillons présentent une différence significative ( $p > 0.05$ ) entre la valeur du yaourt témoin (blanc) et les yaourts enrichis.



**Figure 25 :** Suivis de la densité apparente au cours du stockage.

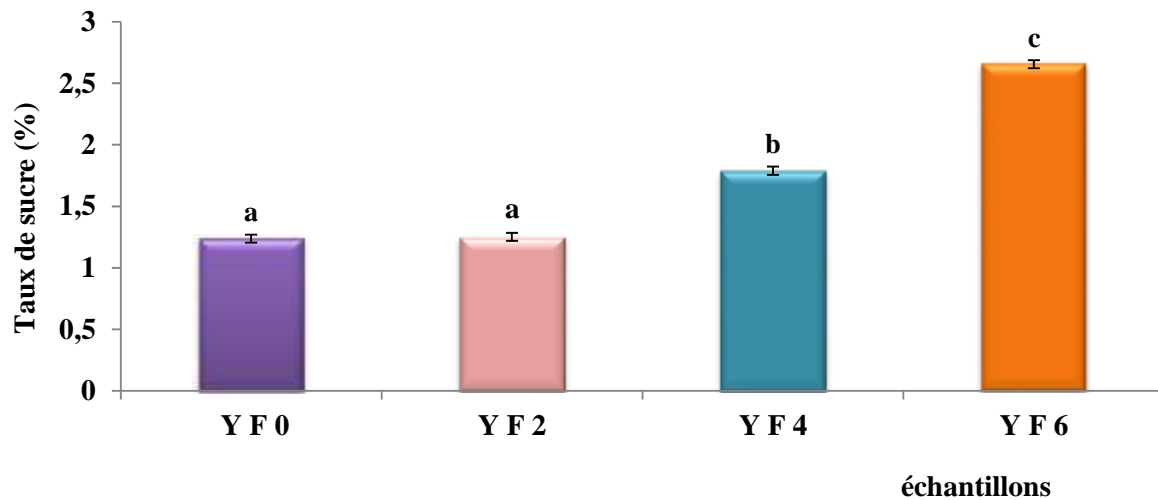
Les résultats de la densité apparente de nos échantillons sont illustrés dans la figure 25 qui montre que les yaourts incorporés de sirop de figues sèches présentent une densité supérieure à celle du yaourt blanc (témoin).

Des résultats similaires ont été notés par (Mosbah *et al.*, 2021) qui ont fait l'étude sur les effets de la fermentation et de l'ajout de sirop de datte sur la qualité du lait de chamelle.

La densité du lait varie proportionnellement à la concentration des éléments dissous et en suspension (matière sèche comme protéines et sucres) (Filipovitch, 1954) et (Mathieu, 1998) ont également indiqué que cette augmentation peut être aussi liée à l'augmentation de la biomasse bactérienne à la fin de la fermentation par la croissance de la flore lactique.

### Taux de sucre

D'après nos résultats expérimentaux du taux de sucre on marque une différence significative ( $p < 0.05$ ) pour tous yaourts.



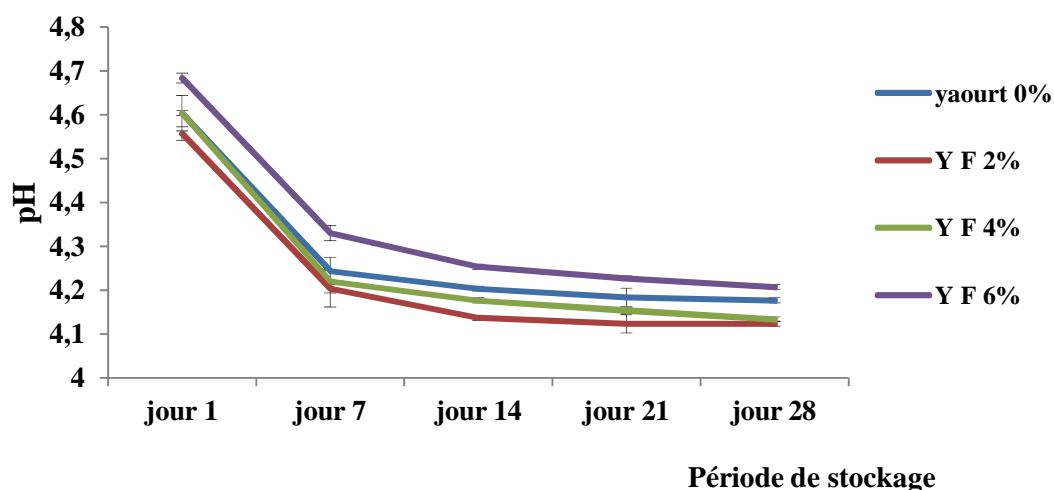
**Figure 26 :** Teneur en sucres totaux des différents yaourts préparés.

La teneur en sucre totaux des yaourts utilisés est résumée dans la figure 26 déclare que le yaourt enrichi avec 6% de sirop de figes sèches YF6 présente la plus forte teneur en sucres totaux (2,5%) suivi de YF4% puis YF2% et YF0% qui présentent la plus faible teneur en sucres totaux (1,75%).

### Paramètres fermentaires des yaourts étudiés

#### pH des yaourts au cours du stockage

Les valeurs de pH des yaourts enrichis avec le sirop de figes sèches pendant le stockage à 4 °C sont présentées dans la figure 27.



**Figure 27 :** Evolution du pH au cours du stockage.



On remarque une chute importante de pH dès la première semaine et cette diminution, progresse au cours du 28 jours de stockage.

### Acidité des yaourts au cours du stockage

La présence de sirop de figes sèches dans le yaourt Figure 28 modifie l'acidité dès la première semaine, on note une augmentation modérée de l'acidité des différents yaourts. Au-delà de la deuxième semaine (14<sup>ème</sup> jour) l'acidité diminue légèrement de (92D°) jusqu'à (88D°) pour les 28 jours.

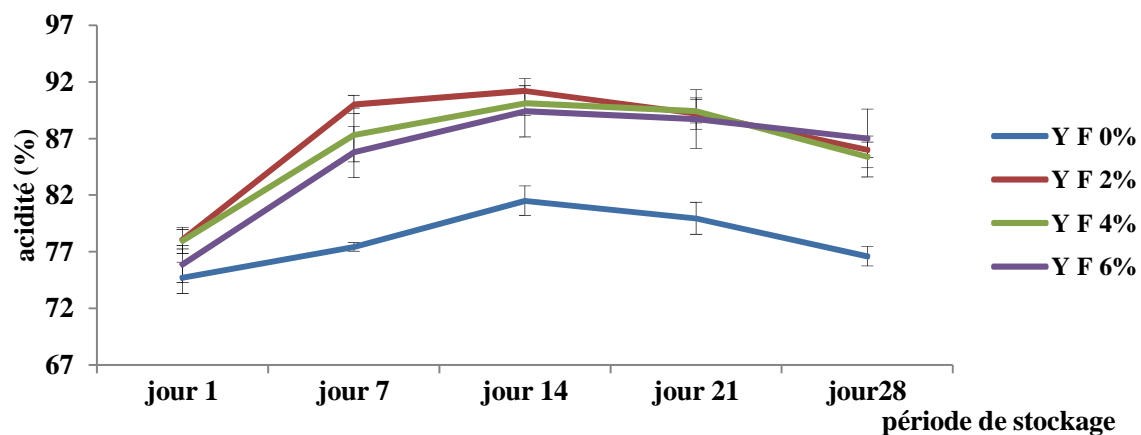


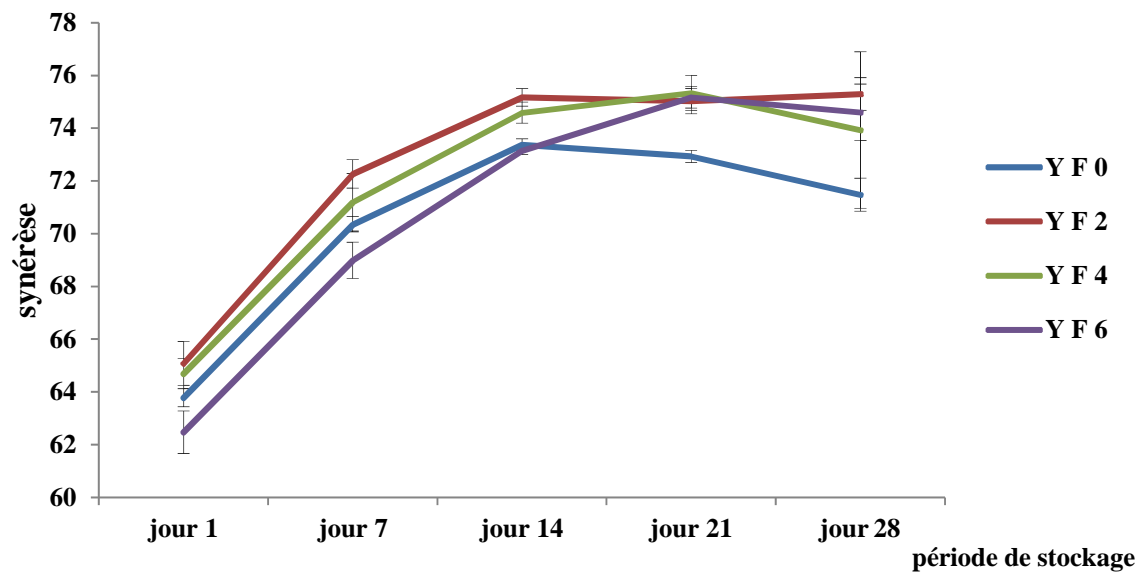
Figure 28 : Acidité des différents yaourts.

L'incorporation du sirop de figes sèches dans le yaourt a conduit à une diminution du pH accompagnée d'une augmentation l'acidité. Nos résultats s'accordent avec les données de (Jafarpour *et al.*, 2017) sur un yaourt à boire aromatisé des sirops de dattes et de figes. Ces phénomènes sont dus à l'utilisation des monosaccharides tels que le fructose et le glucose dans les sirops de figes par les bactéries et qu'elles produisent des métabolites acides ce qui fait augmenter l'acidité du yaourt.

### La synérèse au cours du stockage

La synérèse est la perte de liquide dans le yaourt. La synérèse est l'un des principaux paramètres de qualité du yaourt. Un niveau plus élevé de synérèse indique que le yaourt est de faible qualité (Zare *et al.*, 2011).

La figure ci-dessous représente les différents résultats de l'évolution de la synérèse des différents yaourts préparés au cours de stockage de 28 jours.



**Figure 29** : Taux de synérèse de yaourt.

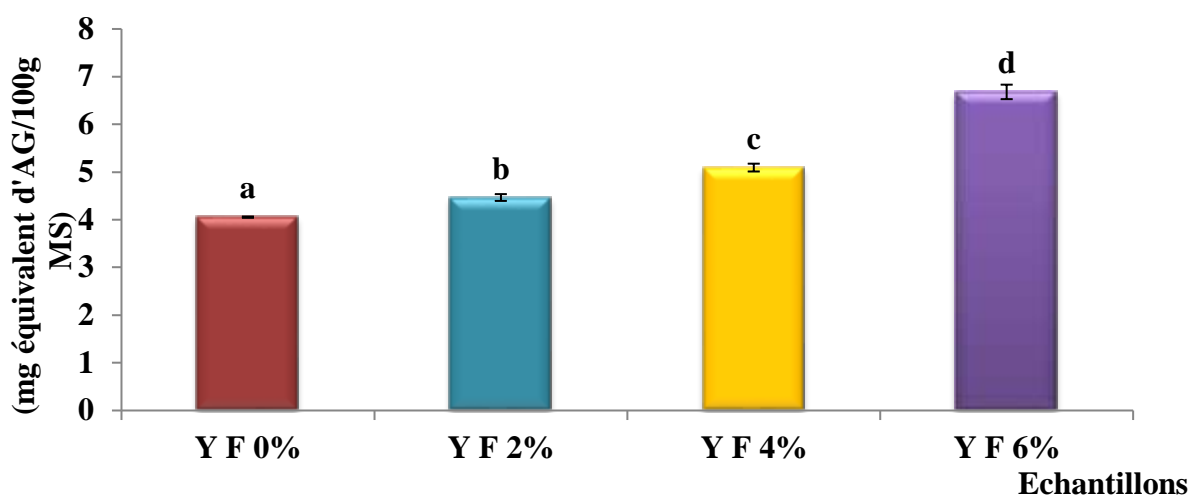
Les résultats de la figure 29 **montrent** une augmentation considérable des taux des synérèses au cours de l'analyse. Durant les deux premières semaines de stockage (J1-J14), on enregistre une augmentation des taux des synérèses qui passent par exemple de 63% (J1) à 72% (J14) pour le yaourt témoin. Par contre pendant les deux dernières semaines de stockage (J14-J28) on note une légère diminution dans les taux de synérèse.

Tous les yaourts incorporés ainsi que le témoin (blanc) ont montré une augmentation significative de la synérèse au cours de stockage à froid. Des observations similaires ont été citées par (**Achanta et al., 2007**) dans une étude sur le yaourt supplémenté de minéraux. Nous notons une augmentation de la synérèse des yaourts (**Sricuvor et al., 2013**) révèle que cette augmentation est due à l'activité protéolytique des bactéries qui hydrolysent les micelles de caséines au cours du temps (**Srisuvor et al., 2013**).

## Composés phénoliques

### Teneur Phénols totaux solubles

Les valeurs des teneurs en PTS des yaourts sont présentées sur la figure 30.



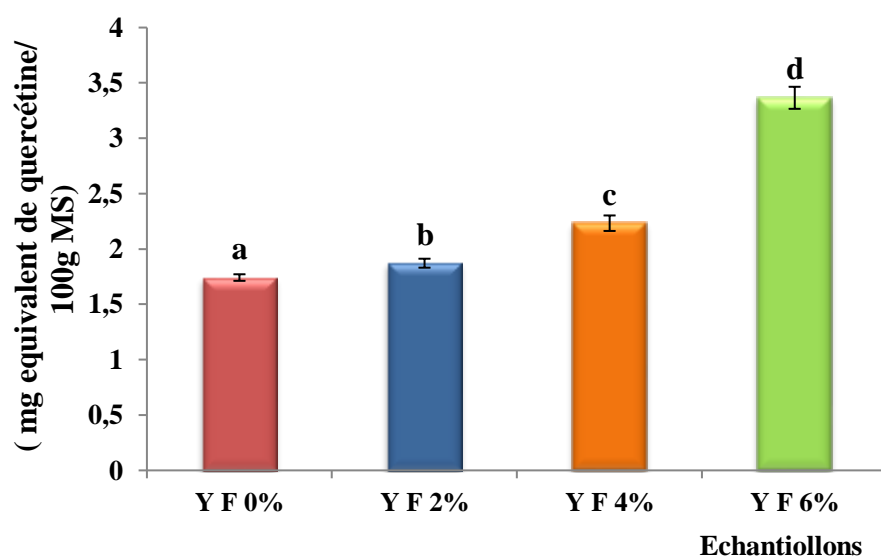
**Figure 30** : la teneur des PTS des différents yaourts.

Les résultats de cette étude relèvent que l'augmentation de la teneur en PTS est proportionnelle à la concentration de sirop dans le yaourt ; la valeur la plus élevée  $6,68 \pm 0,1517$  (mg Eq d'AG /100g MS) correspond à l'échantillon YF6.

L'addition de sirop s'accompagne d'une augmentation de la teneur en PTS par rapport au yaourt témoin (blanc).

### Teneur flavonoïdes

Les différents résultats de la teneur en flavonoïdes des différents yaourts préparés sont présentés sur la figure 31.



**Figure 31** : La teneur des flavonoïdes des différents yaourts.

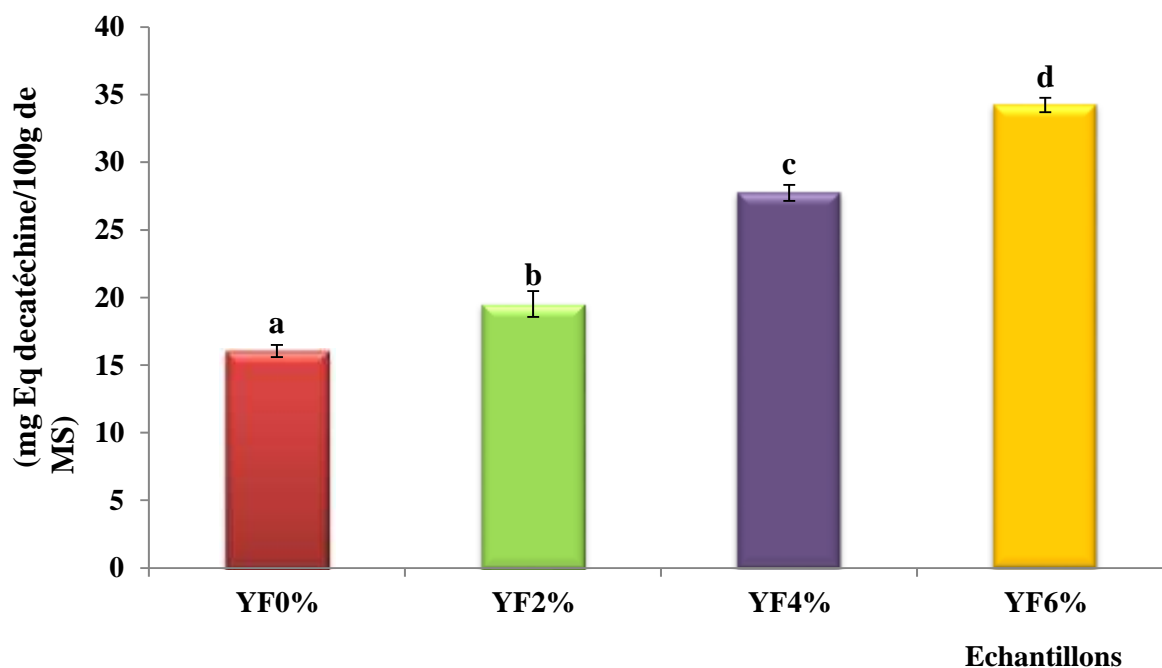
L'analyse statistique des yaourts ont montré des différences significatives de la teneur en flavonoïdes ( $p < 0.05$ ) en fonction de la concentration en sirop de figes sèches.

La valeur maximale de la teneur en flavonoïdes est atteinte par le yaourt YF6 qui est de 3,4 (mg Eq Q/ 100 g de MS).

L'incorporation de sirop dans le yaourt s'accompagne d'une évolution de la teneur en flavonoïdes plus que le yaourt témoin (blanc).

### Teneur en tanins condensés

La figure 32 présente les différents résultats de la teneur des tanins condensés des différents yaourts préparés.



**Figure 32 :** La teneur en tannins condensés des extraits des yaourts.

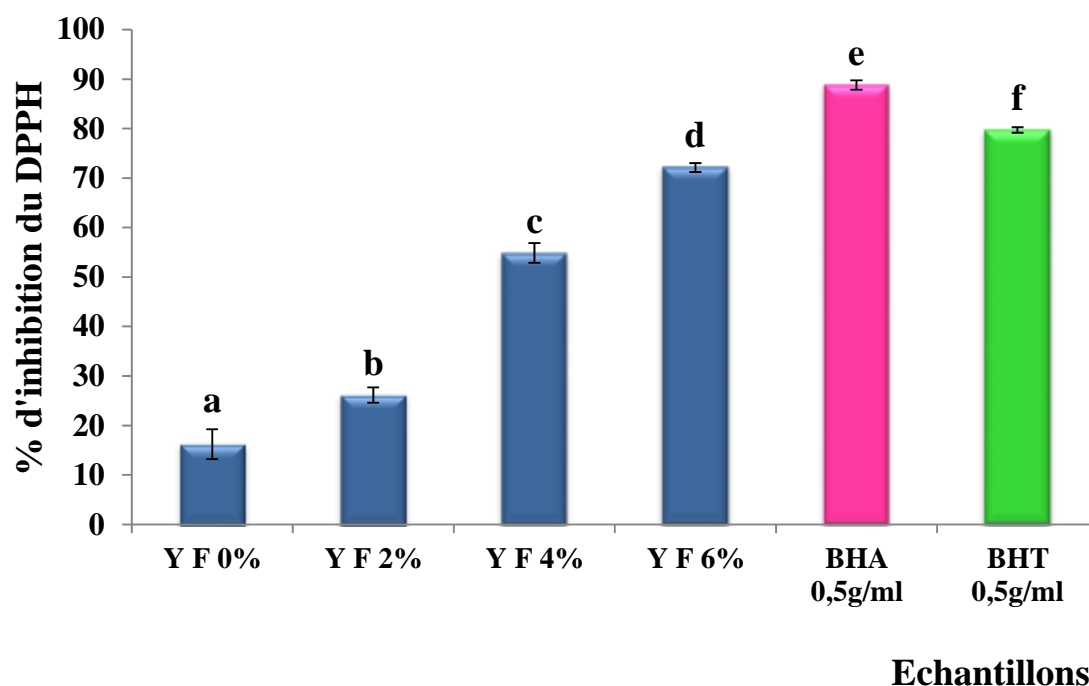
Tous les yaourts montrent des différences significatives en fonction des concentrations des sirops. La valeur la plus élevée ( $34.23 \pm 0.5319$ ) est enregistré pour l'échantillon YF6.

Les teneurs en différentes classes de composés phénoliques dans les différents extraits de yaourts enrichis avec le sirop de figes sèches sont nettement plus élevées que les valeurs trouvées dans l'extrait de témoin, cette différence a été enregistré par (Amal *et al.*, 2016) qui ont travaillé sur des yaourts aromatisés aux fruits.

## Activité antioxydante

## Activité anti-radicalaire (DPPH)

Tous les échantillons possèdent une activité anti-radicalaire contre le radical DPPH avec des différences significatives entre les extraits et même les standards Figure 33.



**Figure 33 :** Activité anti-radicalaire (DPPH) des extraits de yaourts.

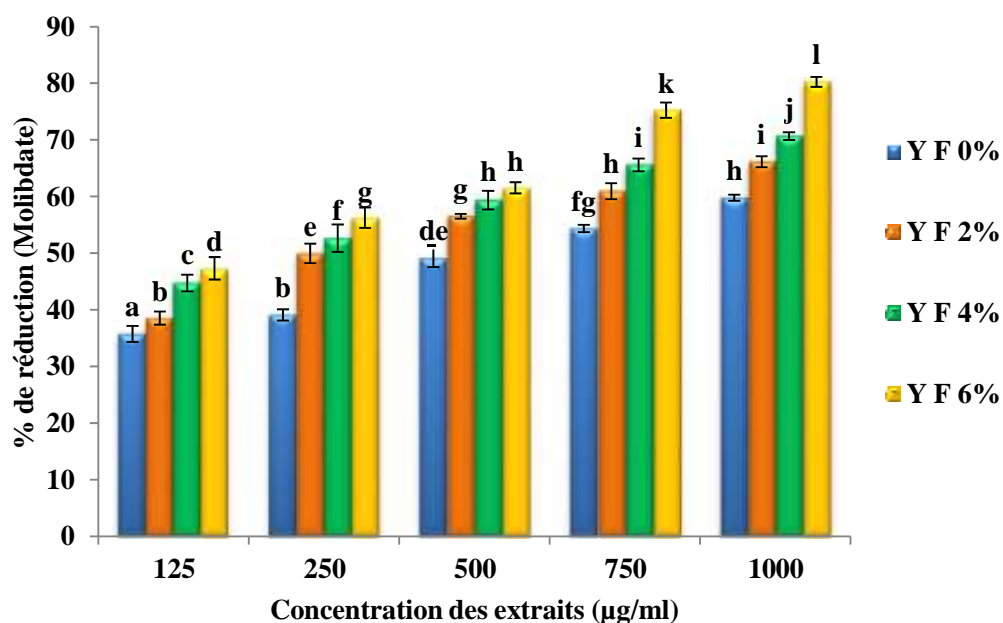
Selon les résultats l'inhibition du DPPH varie 16,18% pour le blanc (témoin) à 72,18% pour YF6. L'activité de tous les extraits des yaourts incorporés est nettement plus élevée que celle du yaourt témoin (sans sirop).

Tous les extraits de nos échantillons étudiés présentent des valeurs inférieures à celles enregistrées pour les standards qui sont de 88,76 % et 79,73% pour BHA et BHT respectivement.

## Pouvoir réducteur

## Réduction de phosphomolybdate

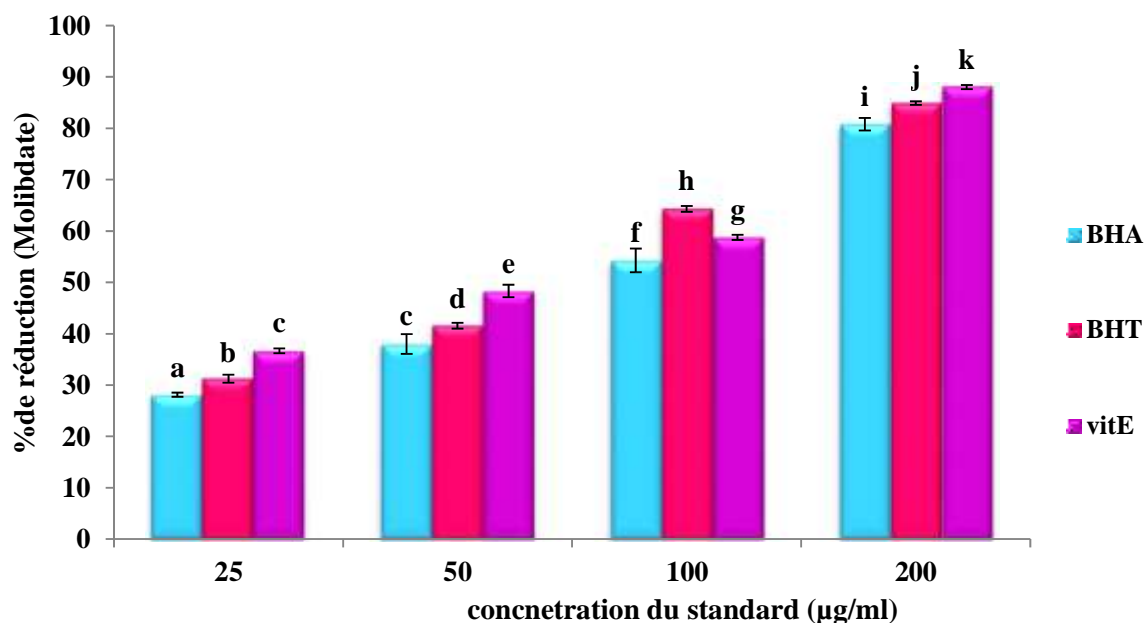
Dans la présente étude le pouvoir réducteur du molybdate a été testé en utilisant les extraits des yaourts préparés à plusieurs concentrations à savoir : 125, 250, 500, 750 et 1000  $\mu\text{g/ml}$  (figure 34).



**Figure 34 :** Pouvoir réducteur du phosphomolybdate des yaourts à différentes concentrations.

Les résultats du pouvoir réducteur du molybdate des extraits phénoliques de nos yaourts présentent des différences significatives qui varient en fonction de la concentration étudiée ( $P < 0,05$ ), donc cette activité est proportionnelle à la concentration des extraits et on note qu'elle est plus importante dans les yaourts incorporés par rapport au témoin.

Dans ce travail, nous avons comparé le pourcentage de réduction, exprimé en concentration inhibitrice à 50% (IC50) de nos extraits à celui de la BHA, BHT et vit E.



**Figure 35 :** Pouvoir réducteur du phosphomolybdate de BHA, BHT et vit E à différentes concentrations.

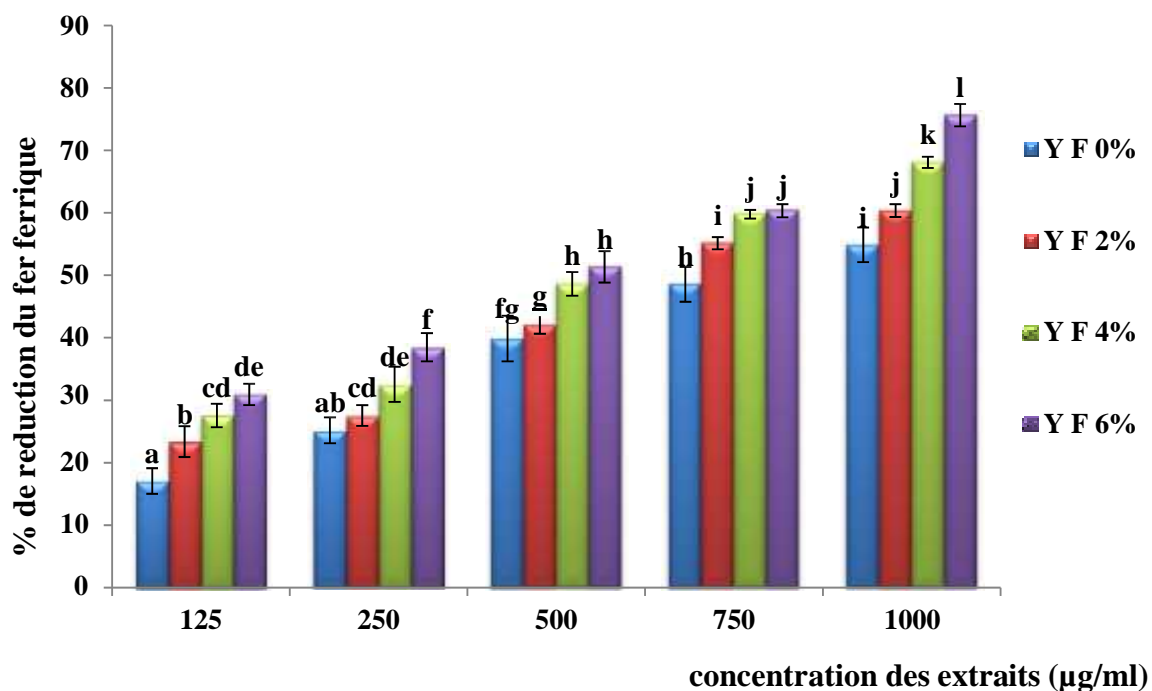
Les résultats obtenus en IC<sub>50</sub> (Tableau VIII) montrent que les standards (BHA, BHT et vit E) présentent une meilleure efficacité réductrice que les extraits des yaourts.

**Tableau VIII :** Résultats des IC<sub>50</sub> pour le test du pouvoir réducteur phosphomolybdate d'ammonium.

Extraits et standards	YF0	YF2	YF4	YF6	BHT	BHA	Vit E
IC <sub>50</sub> (µg/ml)	506,01	290,52	200,55	166,30	57,51	70,00	50,69

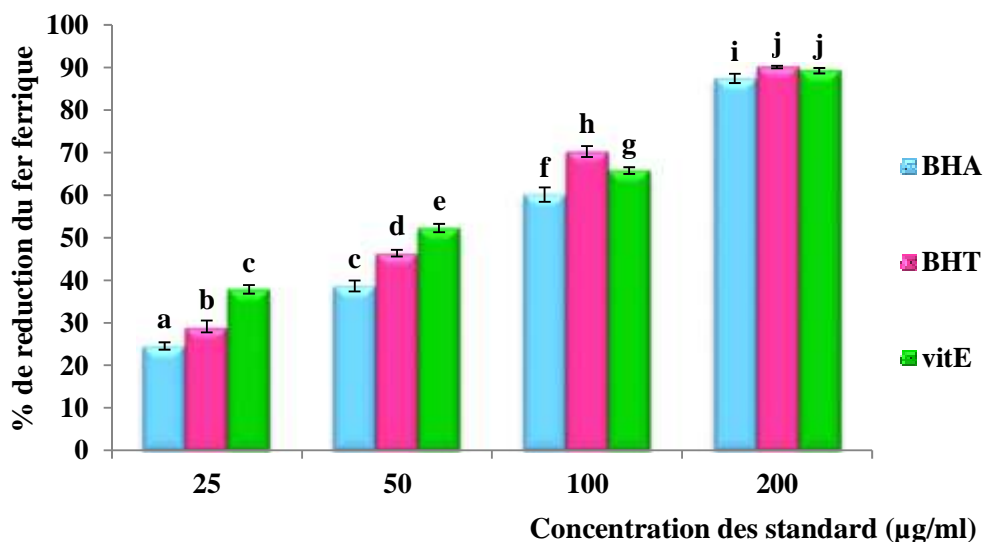
### Réduction du fer ferrique

Comme l'indiquent les résultats de la figure 36, l'évaluation de la réduction du chlorure ferrique en fer ferreux par les extraits des quatre yaourts montrent une activité réductrice proportionnelle à la concentration des extraits. Donc l'activité réductrice des extraits testés augmente en augmentant leurs concentrations.



**Figure 36** : Pouvoir réducteur du fer ferrique des extraits des yaourts à différentes concentrations.

Les données obtenues montrent que la capacité des extraits à réduire le fer ferrique (figure 36) est largement inférieure à celle des standards (BHA, BHT, vit E) (figure 37).



**Figure 37** : Pouvoir réducteur du fer ferrique de BHA, BHT et vit E à différentes concentrations.



Ces résultats sont aussi confirmés par le calcul des concentrations des extraits inhibitrices de 50% du pouvoir réducteur tableau , l'IC50 le plus basse est celui de l'extrait du yaourt enrichi avec 6% de sirop de figes sèches (YF6) avec 385,09 µg/ml. Donc il possède le pouvoir réducteur le plus élevé. Il est suivi respectivement par les extraits de yaourts : YF4, YF2, YF0. Cependant, les IC50 des extraits (Tableau IX) sont très supérieurs à ceux des standards BHA, BHT et vit E (65,11, 51,94 et 43,09 µg/ml ; respectivement), ce qui signifie que le pouvoir réducteur des différents standards analysés est beaucoup plus important que ceux des extraits.

**Tableau IX** : Pouvoir réducteur du fer ferrique de BHA, BHT et vit E à différentes concentrations.

Extraits et standards	YF0	YF2	YF4	YF6	BHT	BHA	Vit E
IC <sub>50</sub> (µg/ml)	823,01	639,78	469,89	385,09	64,79	52,42	44,40

En accord avec (**Amal et al., 2016**). Nous avons constaté que les yaourts enrichis avec le sirop de fige sèche présentent une activité antioxydant nettement plus importante que le yaourt témoin.

La fige sèche contient des composés phénoliques qui contribuent à sa qualité. Ces composés peuvent provoquer une augmentation significative de la capacité antioxydante du plasma humain et peuvent protéger les lipoprotéines du plasma contre l'oxydation (**Bachir Bey et Louaileche, 2015**).

## Analyses microbiologiques

**Tableau X** : Résultats des analyses microbiologiques des échantillons.

Détermination	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 4	Ech 5	norme	Réf. Méthodes
Coliformes	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10	<b>N°10.95.56</b>
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	01	<b>N°10.95.56</b>
Staphylococcus aureus	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10	<b>J.O-N°70.art 11.09.2004</b>
Salmonella	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	<b>J.O-N°42.art 23.01.2004</b>
Listéria monosytogènes	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10 <sup>2</sup>	<b>J.O-N°03/2006 art 25.09.2005</b>
Levures	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>2</sup>	<10 <sup>2</sup>	<b>ISO 6611:2004 FIL 94</b>
Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	<b>ISO 6611:2004 FIL 94</b>
Lactobacillus bulgaricus	<10 <sup>6</sup>	<10 <sup>6</sup>	<10 <sup>6</sup>	<10 <sup>6</sup>	<10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	<b>J.O-N°86.art 07.10.1998</b>
Streptococcus thermophilus	<10 <sup>6</sup>	<10 <sup>6</sup>	<10 <sup>6</sup>	<10 <sup>6</sup>	<10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	<b>J.O-N°86.art 07.10.1998</b>

Selon les résultats des analyses obtenus et représentés dans le tableau ci-dessus, ainsi le. J.O.R.A, N°86. 1998. Nous constatons que les 4 échantillons de yaourts ont une qualité microbiologique satisfaisante par l'absence totale des bactéries pathogènes, ceci confirme le respect des bonnes pratiques d'hygiène lors de la manipulation.

# **Conclusion et perspectives**

Ce travail est focalisé sur l'étude de l'évolution des paramètres physico-chimiques, la composition en substances bioactives et l'activité antioxydante des yaourts enrichis en sirop de figes sèches. Après la préparation du sirop, différentes concentrations ont été ajoutées dans les yaourts. Les produits préparés ont fait l'objet de plusieurs analyses.

L'ensemble des analyses physico-chimiques ont révélé que le sirop de figes sèches à un pH acide, un taux de brix appréciable qui est de  $37,25 \pm 0,25$  et une teneur considérable en sucre  $65,92 \pm 0,054\%$ .

L'incorporation de sirop de figes sèches dans les yaourts a montré des modifications des paramètres physicochimiques de nos produits, en effet on note une diminution de PH allant de (4,46 jusqu'à 4,03 pour YF2 et 4,37 jusqu'à 4,09 pour YF6) accompagnée d'une augmentation de l'acidité titrable ( $94,5$  jusqu'à  $127D^\circ$  pour YF2 et  $97,5$  jusqu'à  $163,8 D^\circ$ ).

Les résultats du dosage des antioxydants, ont révélé que le mélange sirop de figes sèches avec le yaourt s'enrichit en métabolites secondaires en effet on note une teneur importante en différentes classes de composés phénolique : phénols totaux solubles de (4,05 mg Eq AG/100gMS pour YF2 à 6,68 mg Eq AG/ 100g MS pour YF6), flavonoïdes (1,74 mg EqQ/ 100MS pour YF2 à 3,36 mg EqQ/ 100gMS pour YF6) et tannins condensés (16,04 mg Eq CAT/ 100g MS pour YF2 à 34,23 mg EqCAT/ 100g MS pour YF6). Les différents extraits testés ont manifesté une activité antioxydante puissante mesurée in vitro par les tests, pouvoir réducteur (fer ferrique et molybdate) et DPPH.

Les résultats obtenus méritent d'être poursuivis et approfondis pour préciser les conditions et modalités d'utilisation de sirop de *Ficus Carica* dans le yaourt et valoriser ses nombreuses potentialités :

- Diverses analyses seraient nécessaires pour mieux connaître les valeurs nutritionnelles de ces yaourts, comme dosages des protéines, des vitamines et minéraux.
- Etudier l'effet de concentrations plus élevés de sirop dans le yaourt.
- Mesure des propriétés rhéologiques des yaourts. Et évaluation d'une analyse sensorielle.
- Effectuer des recherches plus approfondie sur les composés phénoliques (fractionnement et identification de différentes molécules) et d'autres effets thérapeutiques.

# **Références bibliographiques**

## A

- ❖ **Achanta K., Aryana K.J., Boeneke C.A., 2007.** Fat free plain set yogurts fortified with various minerals. *LWT - Food Science and Technology* 40 (3) : 424-429.
- ❖ **Afnor, 1985.** Contrôle de la qualité des produits laitiers –Analyses physiques et chimiques, 3ème édition : 107-121-125-167-251(p 321).
- ❖ **Alais et Linden., 1997.** A brrégé de biochimie alimentaire ed, massons, Paris.
- ❖ **Al Askari G., Kahouadji A., Khedid K., Charof R., & Mennane Z. 2012.** Caractérisations physico-chimique et microbiologique de la figue sèche prélevée des marchés de Rabat-Salé, Temara et Casablanca. *Les technologies de laboratoire*, 7(26).
- ❖ **Alsavar C. 2013.** Functional characteristics of dried figs. In : “Dried fruits , Phytochemicals and health effects ”. Alsavar C. Shahidi F. (Eds.). John Wiley & Sons. Iowa, USA. pp.284-299.
- ❖ **Amal A., Eman A., & Nahla S. Z. 2016.** Fruit flavored yogurt: Chemical, functional and rheological properties. *International Journal of Environmental and Agriculture Research*, 2(5), 57-66.
- ❖ **Andrew J., Youn G., Gordon L et Low E. 2018.** Carotenoids antioxidant properties. School of Natural Sciences and Psychology, Liverpool John Moores University, Byrom Street, Liverpool L3 3AF, vol.15; p.715-723.
- ❖ **Arsene-Plortze F., Bringel F. 2004.** Role of inorganic carbon in lactic acid bacteria metabolism, lait. 84: 49-59.
- ❖ **Azzi R. 2013.** Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien: enquête ethnopharmacologique; Analyse pharmaco-toxicologique de Figuier (*Ficus carica*) et de coloquinte (*Citrulluscolocynthis*) chez le rat Wistar (Doctoral dissertation).

## B

- ❖ **Bachir Bey M. 2015.** Étude de l'effet du séchage sur les caractéristiques physicochimiques, les propriétés antioxydantes et les profils phénoliques de variétés de figues (*Ficus carica* L.) (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat).
- ❖ **Bachir Bey M., Meziant L., Benchikh Y., Loualeche. 2014.** Deployment of response surface methodology to optimize recovery of dark fresh fig (*ficus carica* L., var.Azenjar) total phenolic compounds and antioxidant activity. *Food chemistry*.162.277-282.
- ❖ **Bachir Bey M., Louaileche H., 2015.** Une étude comparative de profil phytochimique et de dans activités antioxydantes *in vitro* de l'obscurité et de la figue sèche par lumière (*Ficus carica* L.). *Journal of Phytopharmacology*; 4 (1) : 41-48.
- ❖ **Barbosa-Cánovas G V., & Vega-Mercado H. 1996.** Dehydration of foods. *Springer Science & Business Media*.
- ❖ **Beal C., Skokanova J., Latrille E., Martin N., Corrieu G., 1998.** Effets combinés des conditions de culture et de temps d'entreposage sur l'acidification et viscosité du yaourt remué. Institut agronomique national paris France.
- ❖ **Benalia S., Cubero S., Prats-Montalbán J. M., Bernardi B., Zimbalatti G., &Blasco J. 2016.** Computer vision for automatic quality inspection of dried figs (*Ficus carica*) in real-time. *Computers and electronics in agriculture*, 120, 17-25.
- ❖ **Bourlioux P., Braesco V. et Denis Mater D.G. 2011.** Yaourts et autres laits fermentés. *Cahiers de nutrition et de diététique*. 46(6): 305-314.
- ❖ **Bourgeois M. C. Larpent J.P. 1999.** Microbiologie alimentaire. Aliment fermentes et fermentations alimentaires. Ed. Technique et documentation. Lavoisier paris : 26-38.
- ❖ **Bossokpi I. P. 2002.** Etude des activités biologiques de Fagaraz anthoxyloïdes Lam.(Rutaceae). Thèse de doctorat. Bamako. p. 116.
- ❖ **Botondi R., DeSantis D., Bellincontro A., Vizovitis K., &Mencarelli F. 2003.** Influence of ethylene inhibition by 1-methylcyclopropene on apricot quality, volatile production, and

glycosidase activity of low-and high-aromavarieties of apricots. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(5), 1189-1200.

❖ **Boizot N., & Charpentier J.-P. 2006.** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Le Cahier des Techniques de l'INRA, Numéro spécial 2006: Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques, 79-82.

❖ **Brule G., Lenoir J. 2003.** La coagulation du lait. In Eck A : Laites et produits laitiers. 2<sup>ème</sup>. Ed. TEC et DOC. Lavoisier. Paris. Pp : 1-20.

## C

❖ **Çalışkan O., & Polat A. A. 2011.** Phytochemical and antioxidant properties of selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from the eastern Mediterranean region of Turkey. *Scientia Horticulturae*, 128(4), 473-478.

❖ **Chaves A.C.S.D., Fernandez M., Lerayer A.L.S., Mierau I., Kleerebezem M. et Hugenhdtz J. 2002.** Metabolic engineering of acetaldehyde production by *Streptococcus thermophilus*. *Applied and Environmental Microbiology*. 68(11): 565.

❖ **Chawla A., Kaur R. et Sharma A.K. 2012.** *Ficus Carica* Linn : A review on its pharmacognostic. 6-5662.

❖ **Chau C.F. & Y.L. Huang. 2003.** "Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(9): 2615-2618.

❖ **Codex Alimentarius, 1975.** Normes N°A 11 (A). Rome : FAO/OMS. 86p.

❖ **Codex Alimentarius, 2007.** Lait et produits laitiers. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Viale delle Terme Di Caracalla. Italie) : 258p.

❖ **Courtin P., Monnet V., Rul, F. 2002.** Cell-wall prt S and prt B have a different role in *Streptococcus thermophilus*/ *Lactobacillus bulgaricus* mixed culture in milk. *Microbiology Food Science*. 148: 3413-3421.



❖ **Crisosto C.H., Bremer V., Ferguson L. et Crisosto G.M. 2010.** Evaluating quality attributes of four fresh figs (*Ficus carica L*) cultivars harvested at two maturity stages. Hort Science, 45:707–710.

❖ **Curtay J.P. et Robin J.M. 2000.** intérêt des complexes antioxydants. Nutrithérapie Info : 1-4.

## D

❖ **Deshpande S. S., Cheryan M., et Salunkhe D. K. 1986.** Tannin analysis of food products. CRC Critical Reviews in *Food Science and Nutrition*. 24 (4): 401–449.

❖ **Déborah H. & Stéphanie O. 2008.** Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée. Haute école de santé Genève, Filière Nutrition et diététique. 1-3. Jeddi, L. (2009). Valorisation des figues de Taounate: potentiel, mode et stratégie proposé. Rapport DPA de Taounate.

❖ **Dupin H., Cup J.L., Maleviak M.I., Leynaud- Rouaud C. ET Berthier M. 1992.** Alimentation et nutrition humaine. Ed : esf, paris, 1515p.

## E

❖ **El Bouzidi, S. (2002).** Le figuier : histoire, rituel et symbolisme en Afrique du Nord. Dialogues d'histoire ancienne, 28(2), 103-120.

❖ **El Khaloui M. (2010).** Valorisation de la figue au Maroc. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA :1-4.

❖ **El-Shobaki F. A., El-Bahay A. M., Esmail, R. S. A., El-Megeid A. A. A.; Esmail, N. S. 2010.** Department of Nutrition, National Research Center, Dokki, Giza, Egypt. *World Journal of Dairy & Food Sciences* Vol.5 No.1 pp.47-57 ref.54.

## F

- ❖ **F.A.O. 2010.** Food and Agriculture Organization. Database results; FAO-STAT:  
<http://faostat.fao.org>.
- ❖ **Faleh E., Oliveira A. P., Valentão P., Ferchichi A., Silva M. et Andrade P. B. 2012.** Influence of Tunisian *Ficus carica* fruit variability in phenolic profiles and in vitro radical scavenging potential. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* :1-8.
- ❖ **FAOSTAT, 2015.** Food and Agricultural Organisation. (<http://www.faostat.Fao.Org>).
- ❖ **FAO, 1998.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Collection : Alimentation et nutrition n°28 ; pages 12-23.
- ❖ **Ferradji A., Chabour H., & Malek A. 2011.** Séchage solaire des figues: Bilan thermique et isotherme de désorption. *Revue des Energies Renouvelables*, 14(4), 717-726.
- ❖ **Fredot. 2005.** Connaissance des aliments : Tec & Doc Lavoisier 397.
- ❖ **Filipovitch D.J. 1954.** Etude sur les variations de la densité du lait de mélange, *Le lait*. 34: 129-132.

## G

- ❖ **George Corrieu et Luquet FM. 2008.** Bactéries lactiques. De la génétique aux ferments. Lavoisier, P549.
- ❖ **Ghozlane D. 2012.** Isolation et caractérisation des bactéries lactiques productrices d'arômes (diacétyle). *Science Alimentaire*. Thèse de doctorat. Ecole National d'Agronomie El- Harrach. Alger. 138P.
- ❖ **Ghalem K. 2014.** L'effet de variation des doses de jus de citron sur la qualité physicochimique, microbiologique et organoleptique d'un lait fermenté type yaourt étuvé.
- ❖ **Gosta B. 1995.** Produits laitiers de culture in *Manuel de transformation du lait*. Ed Tétra pack processing systems AB. Sweden : 241-262.

❖ **Goldin B R. 1989.** « lactic acide » implication for health dans (le lait fermentés, actualité de la recherche).

❖ **Guvenc M., Tuzcu M., & Yilmaz O. 2009.** Analysis of fatty acid and some lipophilic vitamins found in the fruits of the *Ficus carica* varie typicked from the Adiyaman District. *Research Journal of Biological Sciences*, 4(3), 320-323.

## H

❖ **Hadj S. 2009.** Extraction, identification, caractérisation des activités biologiques de flavonoïdes de *Nitrarietusa* et synthèse de divers acyles de ces molécules par voie enzymatiques. Institut National Polytechnique de Lorraine. vol.122, n°2, p.16.

❖ **Harding A., Wareham N. et al. 2008.** Plasma vitamin C level, fruit and vegetable consumption, and the risk of new-onset type 2 diabetes mellitus: The European prospective investigation of cancer--Norfolk prospective study. 168 :1493-9.

❖ **Hagerman A. E. 2002.** Tannin chemistry. *Tannin Handbook*. 86: 104 -105 Holzappel, W, H., Haberer, J., Snel, U., Schillinger. (2001). Overview and probiotics. *Int. J. Food Microbiol*, 41, 85-101.

## I

❖ **Imran A., Jat R.K. & Varnika S. 2011.** A review on traditional, pharmacological, pharmacognostic properties of *Ficus Carica* (Anjir). *International Research Journal of Pharmacy*, 2 (12) : 124-127.

## J

❖ **Jacques M. 1998.** Initiation à la physico-chimie du lait. Technique et documentation. p338. JAMOTTE P., (1974). Note technique sur le kéfir. Station laitière de l'Etat. Belgique.

**Jafarpour D., Amirzadeha A., Malekia M., et Mahmoudib M. R.** Comparison of physicochemical properties and general acceptance of flavored drinking yogurt containing date and fig syrups. *Foods and Raw Materials*, 2017, vol. 5, no. 2.

❖ **Jeantet and R., Thomas C., Michel M., Pierre S. and Gerard B. 2008.** Les produits laitiers. Ed Techniques et Documentations. Lavoisier-Paris.

- ❖ **Jeddi L. 2009.** Valorisation des figues de Taouate: potentiel, mode et stratégie .proposé. Rapport DPA de Taouate.
- ❖ **Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P. et Brulé G. 2008.** Les produits laitiers. 2<sup>ème</sup> Edition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, France.
- ❖ **Jideani T., & Zanzi N. 2012.** *physico-chemical and sensory qualities of soy and milk solids fortified low fat yoghurt.* Université de Venda, Département of food science and technology, school of agriculture.
- ❖ **J.O.R.A. 1998.** Arrêté interministériel relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées.

## K

- ❖ **Karathanos V.T., Belessiotis V.G., 1997.** Sun and artificial air drying kinetics of some agricultural products. *Journal of Food Engineering.* Great Britain; 31:35-46.
- ❖ **Khadari B., Lashermes P., & Kjellberg F. 1994.** Identification variétale et ressources génétiques chez le figuier (*Ficus carica* L.): utilisation des marqueurs RAPD.
- ❖ **Kolesnik A. A., Kakhniashvili T. A., Zherebin Y. L., Golubev V. N., & Pilipenko L. N. 1986.** Lipids of the fruit of *Ficus carica*. *Chemistry of Natural Compounds*,22(4), 394-397.

## L

- ❖ **Larpent J. P., Bourgeois C., M. 1989.** « Microbiologie alimentaire ». Les fermentations alimentaires. tome2.Ed. Technique et documentation, Lavoisier. Paris :191-203.
- ❖ **Larpent J. P. 1991.** Les ferments microbiens dans les industries agroalimentaires (produits laitiers et cames). Ed. Technique et documentation, Lavoisier : 03-9.

- ❖ **Li H., Wang X., Li Y., Li P., Wang H. 2009.** Polyphenolic compounds and antioxidant properties selected chine wines. *Food Chemistry*, 112:454-460.
- ❖ **Loones A. 1994.** Lait fermentés par les bactéries lactiques. In : Bactéries lactiques. Vol II. De Roissart, H. et Luquet, F. M., Lorica, Paris, France. pp. 37 -151.
- ❖ **Luquet F.M. 1985.** Lait et produits laitiers : Vache, Brebis, et Chèvre. Le lait de la mamelle à la laiterie. Ed. Technique et Documentation. Lavoisier. Paris. 144Pp.

## M

- ❖ **Mahaut M., Jeantet R., Brulé G. et Schuck P. 2000.** Les produits industriels laitiers Tech&Doc, Lavoisier, Paris.178p.
- ❖ **Marinova D., Ribarova F., Atanassova M. 2005.** Total phénolics and total flavonoïds in bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*. 40 (3): 255-260.
- ❖ **Mahaut M., Jeant R., Croguennec T., Schuck P., Brulé J., 2008.** Les produits laitiers. Ed Tec et Doc Lavoisier-Paris ; pp 31.23.
- ❖ **Mahaut M. Jeantet R. Bringel F. 2004.** Role of in organic carbon in lactic acid bacteria metabolism. *Lait*. 84 : 49-59.
- ❖ **Mathieu J. 1998.** Initiation à la physico-chimie du lait. Ed. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, France
- ❖ **Miyazato S., Nakagawa C., Kishimoto Y., Tagami H., & Hara H. 2010.** Promotive effects of resistant maltodextrin on apparent absorption of calcium, magnesium, iron and zinc in rats. *European journal of nutrition*, 49(3), 165-171.
- ❖ **Mohtadji-lamballais C. 1989.** Les aliments. Editions Maloine. Paris. 203 p.
- ❖ **Molyneux P. 2004.** The use of the stable free radical diphenyl picryl hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Journal of Science and Technology*. 26 (2) : 211-219.
- ❖ **Morris D.L. 1948.** Quantitative determination of carbohydrates with Dreywcd' s hthmere agent. *science* ,5 mars 1948, 107,254-255.

❖ **Mosbah S., Boudjenah-Haroun S., & Mekkaoui S. 2021.** Effets de la fermentation et de l'ajout de sirop de datte sur la qualité de lait de chamelle. *Revue des bios ressources*, 11 (2), 8-8.

## N

❖ **Naikwadi P. M., Chavan U. D., Pawar V. D., & Amarowicz R. 2010.** Studies on dehydration of figs using different sugar syrup treatments. *Journal of food science and technology*, 47(4), 442-445.

## O

❖ **Okos M.R., Narasimhan R.K., Singh et Witnauer A.C. 1992.** Food dehydration. In «Handbook of Food Engineering » Hedman D.R. et Lund D.B- New York: Marcel Dekker.

❖ **Ouchemoukh S., Hachoud S., Boudraham H. Mokrani A. et Louaileche H. 2012.**Antioxdan tactivities of some dried fruits consumed in Algeria. *LWT-Food Science and Technology*. 49 : 329-332.

❖ **ÖZTürk M., Aydoğmuş-ÖZTürk F., Emin dura M. et Topçu G. 2007.**Antioxdant activity of stem and root of extract of rhubarb (*Rheumribes*): An edible medicinal plant. *Food Chemistry*.103 :623-630.

## P

❖ **Pelletier J-F., Faurie J-M & François A. 2007.** Lait fermenté : la technologie au service du goût. *In Cahiers de Nutrition et de Diététique*, Volume 42, Issue 2, 18-05-2007, pp. 2S15.

❖ **Pereira J.A., Malheiro R., Casal S., Teixeira H., Bento A. 2013.** Effect of olive leaves addition during the extraction process of overmature fruits on olive oil quality. *Food and bioprocess technology*, 6(2), 509-521.

❖ **Pissang T. D. 1992.** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits et produits laitiers commercialisés au Togo, Thèse : Med. Vet. : Dakar(EISMV) ; 9. SCHMIDT JL., Tourneur c& Lenoir j. 1994. fonction et choix des bactéries lactiques laitières. *In bacterieslactiques*. pp 37-46. Ed de roissart, h.et luquet.

- ❖ **Puoci F., Iemma F., Spizzirri U. G., Restuccia D., Pezzi V., Sirianni, R., ... & Picci, N. (2011).** Antioxidant activity of a Mediterranean food product:“fig syrup”. *Nutrients*, 3(3), 317-329.
- ❖ **Prieto P., M. Pineda& M. Aguilar. (1999).** Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269, 337-341.
- ❖ **Purwandi U., Shah N P and Vasiljevic T. 2007.** Effets of exopoly saccharide producing strains of streptococcus thermophilus on technological and rheological properties of set-type yoghurt. *International Dairy journal*.

## R

- ❖ **Renault P. 2002.** Genetically modified lactic acid bacteria applications to food or health and riskassessment. *International journal of biochemistry and molecular biology*.84: 1074-1083; 2002.
- ❖ **Ribéreau-Gayon P. 1968.** Les composés phénoliques des végétaux. Paris : Dunod.173-201p.
- ❖ **Rousseau M. 2005.** La fabrication du yaourt, les connaissances. INRA.
- ❖ **Roussos, P. A., Sefferou, V., Denaxa, N.-K., Tsantili, E., &Stathis, V. 2011.**Apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different cropload. *Scientia Horticulturae*, 129(3), 472-478.

## S

- ❖ **Sanchez-Moreno C. (2002).** Methods used to evaluate the free radical scavengingactivity in foods and biologicalsystems. *Int. J. of Foods Sci.Tech.* 8:121-137.
- ❖ **Şenel E., Atamer M., Gursoy A. et Ozetekin F.Ş. (2011).** Changes in some properties of strained (suzme) goat’s yoghurt during storage. *Small Ruminant Research* 99(2): 171-177.

- ❖ **Sen F., Meyvaci K. B., Turanli F. et Aksoy U. 2010.** Effects of short-term controlled atmosphere treatment at elevated temperature on dried fig fruit. *Journal of Stored Products Research*. 46 : 28-33.
- ❖ **Severin I., Dumont C., Jondeau-Cabaton A., Graillet V., & Chagnon M. C. 2010.** Genotoxic activities of the food contaminant 5-hydroxymethylfurfural using different in vitro bioassays. *Toxicology Letters*, 192(2), 189-194.
- ❖ **Shakeel Hanif M., Zahoor T., Iqbal Z., Ihsan-ul-Haq. et Arif A.M., 2012.** Effect of storage on rheological and sensory characteristics of cow and buffalo milkyogurt. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 22, 61-70.
- ❖ **Shori A., & Baba, A. S. 2013.** Antioxidant activity and inhibition of key enzymes linked to type-2 diabetes and hypertension by *Azadirachta indica*-yogurt. *Journal of Saudi Chemical Society*, 17(3), 295-301.
- ❖ **Sirisha S., Sreenivasulu M., Sangeeta K. et Chetty C. M. (2010).** Antioxidant properties of *Ficus* species a review. *International Journal of Pharmacy and Technical Research*. 2 (4) : 2174-2182.
- ❖ **Škerget M., Kotnik P., Hadolin M., Hraš A. R., Simonič M., and Knez, Ž. (2005).** "Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities." *Food Chemistry*, 89(2), 191-1.
- ❖ **Solomon A., Golubowicz S, Yablowicz Z., Grossman S.B., Gottlieb H., Altman A., Kerem Z et Flaishman, M.A. 2006.** Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common Fig (*Ficus Carica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; vol.54, n°20, p.7717-7723.
- ❖ **Syndifrais. 1997.** Yaourt, lait fermentés. Mission Scientifique de syndifrais. Les lais 77(3): 321-358.



## T

- ❖ **Tamime AY et Robinson RK. 1999.**Yoghurt: Science and Technology (2nd edn). Edition: CRC Press, Boca Raton. New York, Washington. 597P.
- ❖ **Tabart J., Kevers C., Pincemail, J., Defraigne J. O., & Dommes J. 2009.** Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. *Food chemistry*, 113(4), 1226-1233.
- ❖ **Tariket A. 2016.** Caracterisation du babeurre et son utilisation dans la fabrication d'un yaourt étuvé. Thèse de doctorat. Université M'hamed Bouguara. Boumerdes. 117P.
- ❖ **Tamime A.Y. & Deeth H.C. 1980.**Yoghurt: technology and biochemistry. *Journal of Food Protection*, 43 (12), 939-977.
- ❖ **Tseng A and Zhao A. 2013.**Wine grape pomace as antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing. *Food Chemistry*.

## V

- ❖ **Vahedi N., Mazaheri M., Tehrani., Shahidi F. 2008.**Optimizing of Fruit Yoghurt Formulation and Evaluating Its Quality During Storage. Ed; American-Eurasian J. Agric. & Environ- Iran, 922- 927.
- ❖ **Valette P., Garrigue.,1997.** Le figuier. Corbières matin- Ed; verdier; france.
- ❖ **Vallejo F., Marin J. G. & Tomas-Barberan F. A. 2012.**Phenolic compound content of fresh and dried figs (*Ficus carica L.*). *Food Chemistry*, 130, 485–492.
- ❖ **Veberic R., Colaric M. & Stampar F. 2008.**Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (*Ficus carica L.*) in northern Mediterranean region. *Food Chemistry*, 106, 153-157.
- ❖ **Vermerris et al 2006.** W. Phenolic compound biochemistry, Springer, Dordrecht. ISBN-10 1-4020-5163-8 (HB).
- ❖ **Vinson J., Zubik L., et al. 2005.** Dried fruits: excellent in vitro and in vivo antioxidants. 24:44-50.

❖ **Vinson J.A., Zubik L., Bose P., Sammam, N. and Proch,j. 2005.** Dried fruits: excellent in vitro and in vivo antioxidants. *The Journal of the American College of Nutrition* 24 : 44-50.

❖ **Visioli F. 1995.** Antioxydants normaux de Galli, de C. et prévention de maladie cardiaque coronaire : le rôle potentiel d'huile d'olive et de ses constituants mineurs. *Nutr. Metab. Cardio- . DIS.* 1995, 5, 306-314.

## **X**

❖ **Xanthopoulos G., Yanniotis S., & Lambrinos G. R. 2010.** Study of the drying behaviour in peeled and unpeeled whole figs. *Journal of Food Engineering*, 97(3), 419-424.

❖ **Zare F., Boye J. I., Orsat V., Champagne C., & Simpson B. K. 2011.** Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. *Food Research International*, 44(8), 2482-2488.

## **Z**

❖ **Zare F., Boye J. I., Orsat V., Champagne C., & Simpson B. K. 2011.** Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. *Food Research International*, 44(8), 2482-2488.

# **Annexes**

## Annexe I : Courbes d'étalonnage

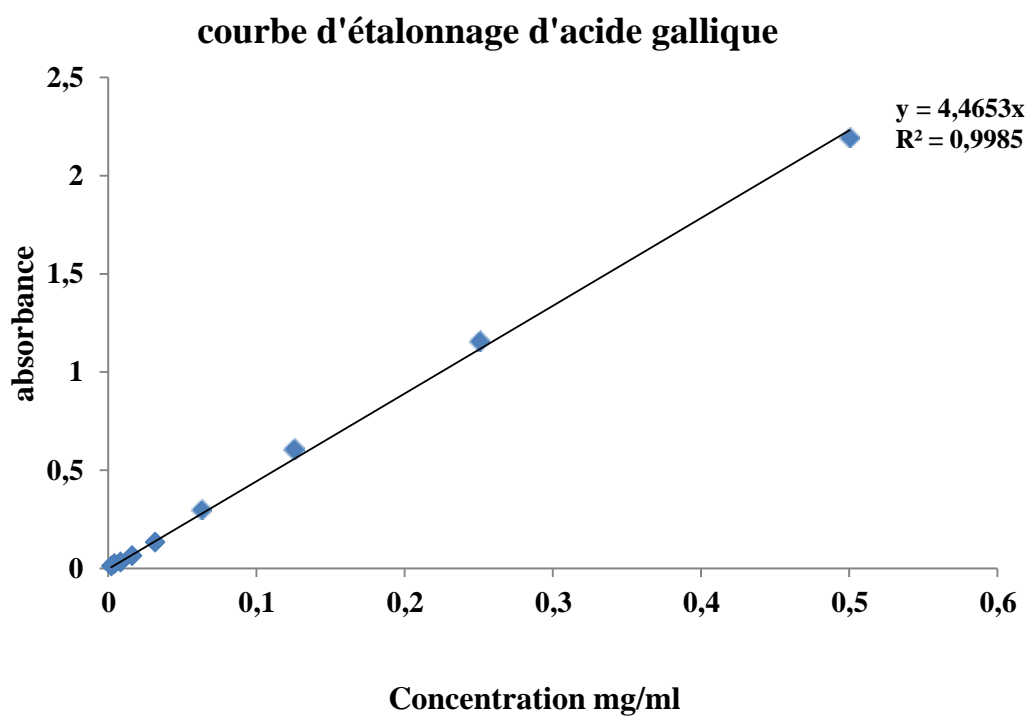


Figure 01 : courbe étalonnage d'acide gallique.

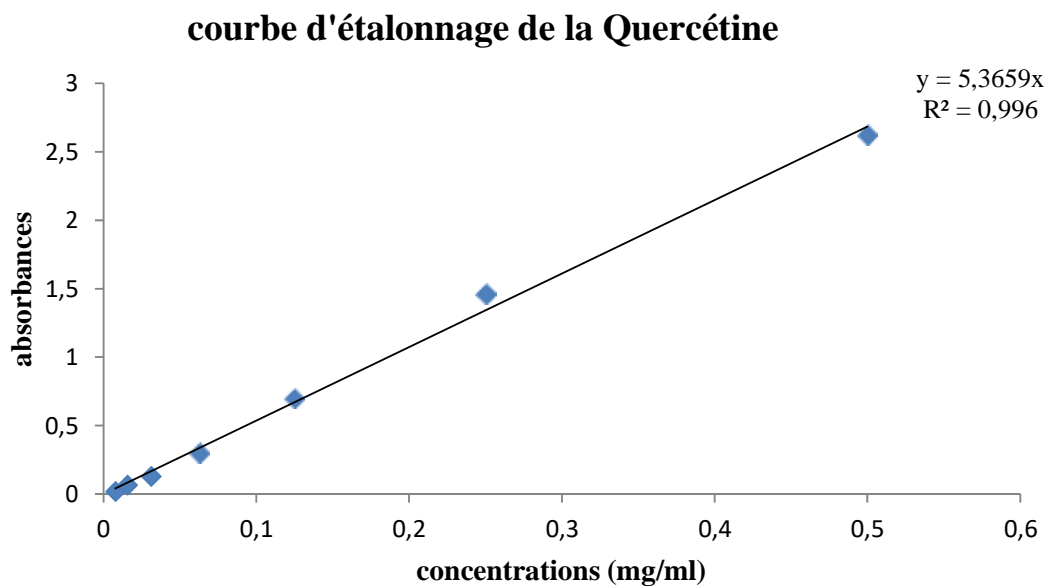


Figure 02 : Courbe étalonnage de quercétine.

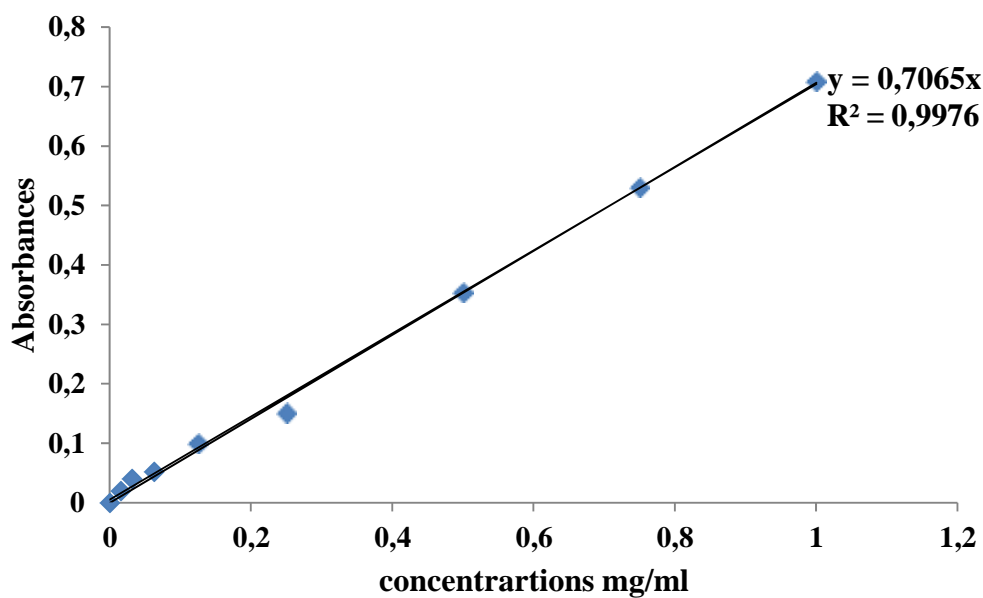


Figure 03 : Courbe d'étalonnage des catéchines.

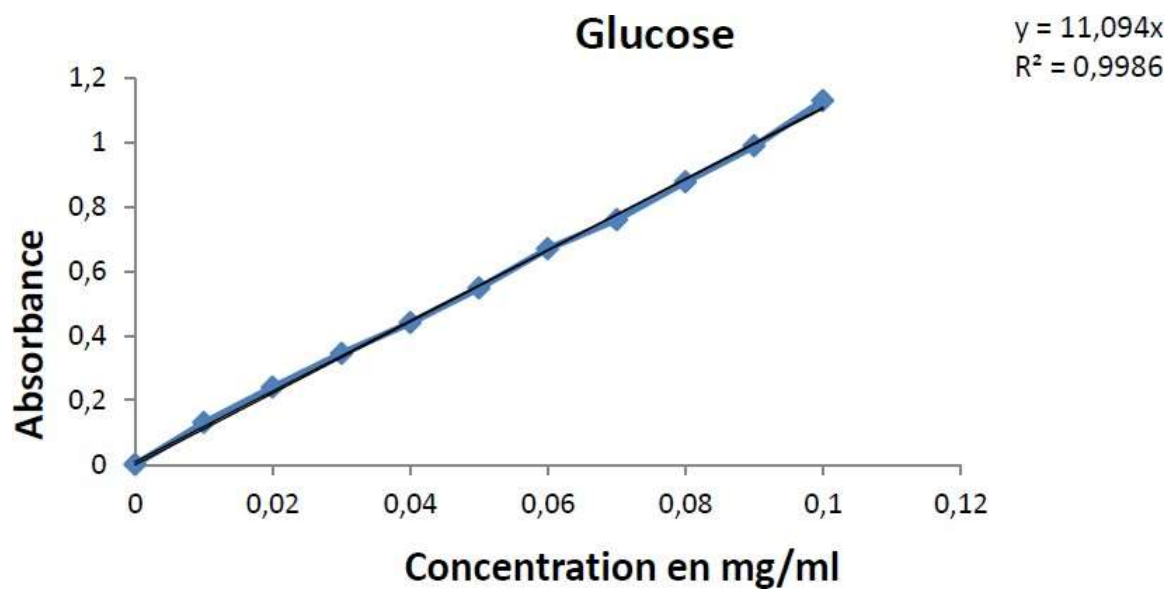


Figure 04 : courbe d'étalonnage de glucose.

## Annexe II : Préparation des solutions

Folin ciocalteau	1,5ml de folin +13,5ml eau distillé.
Chlorure ferrique (FeCl <sub>3</sub> ) à 0.1%	0.1g de FeCl <sub>3</sub> ajusté à 100 ml d'eau distillée.
Trichloracétique (TCA)	10g de TCA dans 100ml d'eau distillé.
Solution de carbonate de sodium 7.5%	0,75 g de la poudre de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dans 10ml d'eau distillée.
Solution chlorure d'aluminium	0,2 g de chlorure dans 10 ml d'eau méthanol.
Solution Phospho molybdate	0,4655g de P molybdate +3,26ml d'acide sulfurique +0,326g phosphate de sodium(NaH <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) ajuster avec l'eau distillé jusqu'a 100ml.
Tampon phosphate	0,68g de KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (acide) dans 100ml d'eau distillé +0,87g de K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (basique) dans 100ml ED La solution acide est ajusté avec la solution basique jusqu'à l'obtention d'un PH =6,6
Vanilline HCL	1,16 dans 6,286 de méthanol+13,714mlde la solution d'HCl 24%.
Ferricyanure de potassium	1g de ferricyanure (K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> ) dans 10ml d'eau distillé.
Solution NaOH	4g de NaOH +100ml d'eau distillé.
BHT	0.0002 mg dans 100 ml ED.
BHA	0.0002 mg dans 100 ml de l'eau distillée.
Acide trichloracétique (TCA) 10%	10 g TCA+100 ml ED.
Acide gallique (C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub> )	1mg acide gallique +1 ml éthanol.
Catéchine (C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub> )	0.015 g catéchine +5 ml éthanol.
La quercétine	1 ml la quercétine +1 ml éthanol.
Solution phénol phtaléine	0,5g + 50ml d'eau distillé + 50ml d'éthanol.

## Annexe III : Résultats statistiques

LSD test; variable DPPH (parametr stat yaourt figue.sta)									
Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 2,9657, df = 12,000									
Cell No.	FIGUE	SIROP	DPPH Mean	1	2	3	4	5	6
1	sans si	0	16,18810	****					
9	avec sir	2	26,13400		****				
11	avec sir	4	54,84811			****			
12	avec sir	6	72,11819				****		
4	sans si	3	79,73367					****	
2	sans si	1	88,76404						****
8	avec sir	1	--						
5	sans si	4	--						
10	avec sir	3	--						
6	sans si	6	--						
3	sans si	2	--						
7	avec sir	0	--						

Figure 05 : résultat statistique de DPPH.

LSD test; variable FLAV (parametr stat yaourt figue.sta)							
Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00434, df = 8,0000							
Cell No.	FIGUE	SIROP	FLAV Mean	1	2	3	4
1	sans si	0	1,741872	****			
6	avec sir	2	1,871380		****		
7	avec sir	4	2,232836			****	
8	avec sir	6	3,365434				****
4	sans si	6	--				
3	sans si	4	--				
2	sans si	2	--				
5	avec sir	0	--				

Figure 06 : résultat statistique des flavonoïdes.

LSD test; variable PTS (parametr stat yaourt figue.sta)

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000  
Error: Between MS = ,00876, df = 8,0000

Cell No.	FIGUE	SIROP	PTS Mean	1	2	3	4
1	sans si	0	4,053685	****			
6	avec sir	2	4,466056		****		
7	avec sir	4	5,093629			****	
8	avec sir	6	6,680042				****
4	sans si	6	---				
3	sans si	4	---				
2	sans si	2	---				
5	avec sir	0	---				

Figure 07 : résultat statistique des PTS.

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000  
Error: Between MS = 4,2575, df = 40,000

Cell No.	FIGUE	SIROP	CONCENTR	FER_FERR Mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12									
21	sans sir	0	125	17,07132	****																				
6	avec sir	2	125	23,75160		****																			
22	sans sir	0	250	25,10534			****																		
11	avec sir	4	125	27,55390				****																	
7	avec sir	2	250	27,56080					****																
16	avec sir	6	125	30,93009						****															
12	avec sir	4	250	32,54294							****														
17	avec sir	6	250	38,48133								****													
23	sans sir	0	500	39,85205									****												
8	avec sir	2	500	42,04538										****											
24	sans sir	0	750	48,17444											****										
13	avec sir	4	500	48,42998												****									
18	avec sir	6	500	51,36842													****								
25	sans sir	0	1000	54,89542														****							
9	avec sir	2	750	55,14815															****						
14	avec sir	4	750	59,80858																****					
19	avec sir	6	750	60,35908																	****				
10	avec sir	2	1000	60,35925																		****			
15	avec sir	4	1000	68,88401																			****		
20	avec sir	6	1000	75,43177																				****	
31	sans sir	4	125	---																					

Figure 08 : résultat statistique de fer ferrique.

LSD test; variable TANNINS (parametr stat yaourt figue.sta)

Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000  
Error: Between MS = ,43931, df = 8,0000

Cell No.	FIGUE	SIROP	TANNINS Mean	1	2	3	4
1	sans si	0	16,04156	****			
6	avec sir	2	19,53528		****		
7	avec sir	4	27,73843			****	
8	avec sir	6	34,23041				****
4	sans si	6	---				
3	sans si	4	---				
2	sans si	2	---				
5	avec sir	0	---				

Figure 09: résultat statistique des tannins.



Cell No	FIGURE	TEMPERAT	TEMPS	STOCKAGE	BRIX Mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	sans po	0'	0 min	J1	7.13000	****													
2	sans po	0'	0 min	J7	7.69333		****												
4	sans po	0'	0 min	J21	7.75000			****											
3	sans po	0'	0 min	J14	7.81333				****										
5	sans po	0'	0 min	J28	8.16667					****									
71	avec pou	140'	20min	J1	8.74667						****								
86	avec pou	160'	20min	J1	8.79333							****							
81	avec pou	160'	10min	J1	8.90333								****						
66	avec pou	140'	10min	J1	9.01333									****					
46	avec pou	0'	0 min	J1	9.06667										****				
48	avec pou	0'	0 min	J14	9.39000											****			
67	avec pou	140'	10min	J7	9.41333												****		
47	avec pou	0'	0 min	J7	9.47667													****	
88	avec pou	160'	20min	J14	9.57000														****
49	avec pou	0'	0 min	J21	9.60000														****
72	avec pou	140'	20min	J7	9.65667														****
82	avec pou	160'	10min	J7	9.67000														****
84	avec pou	160'	10min	J21	9.89333														****
73	avec pou	140'	20min	J14	9.90000														****
89	avec pou	160'	20min	J21	9.92333														****
50	avec pou	0'	0 min	J28	9.97667														****
83	avec pou	160'	10min	J14	10.01333														****
74	avec pou	140'	20min	J21	10.03000														****
68	avec pou	140'	10min	J14	10.05000														****
85	avec pou	160'	10min	J28	10.10333														****
69	avec pou	140'	10min	J21	10.14333														****
70	avec pou	140'	10min	J28	10.39667														****
75	avec pou	140'	20min	J28	10.49000														****
87	avec pou	160'	20min	J7	10.68667														****
60	avec pou	160'	20min	J28	12.76000														****

Figure 10: résultat statistique de brix.

Suite...		Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .00050, df = 40.000																	
Cell No	FIGURE	SIROP	STOCKAGE	PH Mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9	sans si	0	J28	4.00333	****														
30	avec sir	2	J28	4.07667	****	****													
35	avec sir	4	J28	4.07333		****	****												
40	avec sir	6	J28	4.09667			****												
31	avec sir	4	J1	4.35333				****											
36	avec sir	6	J1	4.37000					****										
37	avec sir	6	J7	4.39667						****									
32	avec sir	4	J7	4.41333							****								
1	sans si	0	J1	4.43333								****							
2	sans si	0	J7	4.44000									****						
26	avec sir	2	J1	4.46000										****					
27	avec sir	2	J7	4.47667											****				
38	avec sir	6	J14	4.55333												****			
4	sans si	0	J21	4.57333													****		
33	avec sir	4	J14	4.61000														****	
29	avec sir	2	J14	4.64000															****
3	sans si	0	J14	4.68000															****
34	avec sir	4	J21	4.75000															****
29	avec sir	2	J21	4.75333															****
39	avec sir	6	J21	4.86667															****

Figure 11 : résultat statistique de pH.

Suite...		Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = 4.0144, df = 40.000										
Cell No	FIGURE	SIROP	STOCKAGE	GENERESE Mean	1	2	3	4	5	6	7	8
31	avec sir	4	J1	65.19500	****							
36	avec sir	6	J1	69.76685		****						
3	sans si	0	J14	70.57689			****					
35	avec sir	4	J28	70.59464				****				
1	sans si	0	J1	71.03138					****			
26	avec sir	2	J1	71.20614						****		
4	sans si	0	J21	71.55556							****	
34	avec sir	4	J21	71.57101								****
5	sans si	0	J28	71.88889								
29	avec sir	2	J21	72.81651								
40	avec sir	6	J28	72.89899								
32	avec sir	4	J7	72.91842								
37	avec sir	6	J7	73.05943								
39	avec sir	6	J21	73.23252								
33	avec sir	4	J14	73.76206								
2	sans si	0	J7	74.69503								
30	avec sir	2	J28	75.41254								
27	avec sir	2	J7	76.36102								
28	avec sir	2	J14	77.76256								
38	avec sir	6	J14	80.66621								

Figure 12: résultat statistique de la synèresse

LSD test; variable TTA (parametr stat yaourt figure.sta)

Suite... Homogenous Groups, alpha = .05000  
Error: Between NS = 34,668, df = 40,000

Cell No.	FIGURE	SIROP	STOCKAGE	TTA Mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	sans si	0	J1	84,0000	****								
28	avec sir	2	J14	90,0000	****	****							
38	avec sir	6	J14	91,5000	****	****							
33	avec sir	4	J14	93,0000	****	****							
26	avec sir	2	J1	94,5000		****							
27	avec sir	2	J7	95,7000		****							
31	avec sir	4	J1	96,0000		****							
37	avec sir	6	J7	97,2000		****							
36	avec sir	6	J1	97,5000		****							
3	sans si	0	J14	99,0000		****							
2	sans si	0	J7	112,5000			****						
32	avec sir	4	J7	116,1000			****						
4	sans si	0	J21	123,0000				****	****				
5	sans si	0	J28	127,5000					****				
29	avec sir	2	J21	131,4000					****	****			
34	avec sir	4	J21	140,4000						****	****		
30	avec sir	2	J28	144,0000							****		
39	avec sir	6	J21	153,9000								****	
35	avec sir	4	J28	161,7000								****	****
40	avec sir	6	J28	163,8000									****
22	avec sir	0	J7	--									
23	avec sir	0	J14	--									

Figure 13: résultat statistique de la TTA.

## **Résumé**

Le but de la présente étude porte en premier lieu l'évaluation de l'idée d'incorporation de substances naturelles qui se trouvent dans le sirop de la figue sèche (*Ficus carica*), dans le lait fermenté type yaourt nature. La stratégie proposée prétend à l'extraction du sirop de figues sèches et son ajout à différentes concentrations 0%, 2%, 4% et 6%. En second lieu, l'étude de l'effet de l'incorporation de ce dernier dans les différents échantillons au cours du stockage (28 jours, 4°C) sur ses paramètres physico-chimiques et activités antioxydants. L'incorporation du sirop révèle une diminution de pH contre une augmentation d'acidité et de synérèse. Les résultats obtenus montrent une augmentation significative ( $p < 0,05$ ) de teneur en sucre, des composés phénoliques et de l'activité antioxydant.

**Mots clés :** yaourt, paramètres physicochimiques, activité antioxydante, composés phénoliques, *ficus carica*, sirop.

## **Abstract**

The aim of the present study is to evaluate the idea of incorporating natural substances found in the syrup of the dry fig (*ficus carica*), in the fermented milk type natural yogurt. The proposed strategy aims at the extraction of the syrup of dry figs and its addition at different concentrations 0%, 2%, 4% and 6%. Secondly, the study of the effect of the incorporation of the latter in the different samples during storage (28 days, 4°C) on its physicochemical parameters and antioxidant activities. The incorporation of the syrup reveals a decrease of pH against an increase of acidity and syneresis. The results obtained show a significant increase ( $p < 0.05$ ) of sugar content, phenolic compounds and antioxidant activity.

**Key words:** yogurt, physicochemical parameters, antioxidant activity, phenolic compounds. *Ficus carica*, sirup.