

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE-BIOCHIMIE



Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme Master
En Biotechnologie Microbienne

Thème

Extraction et dosage des substances bioactives des graines de lin :
Application dans un dessert lacté

Réalisé par :

LAHOUZI Dyhia
SIMOUD Dyhia

Soutenu devant le jury composé de :

Mr MSELA Amine	Président	Maître de Conférences classe B à l'UMMTO
Mme LEKSIR Choubaila	Examinatrice	Maître de Conférences classe B à l'UMMTO
Mme BENAHMED DJILALI Adiba	Promotrice	Professeur à l'UMMTO

Année universitaire 2020/2021

Table des matières

Liste des sigles et abréviations

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les graines de lin .....	.02
1. Historique .....	.02
2 Classification et morphologie .....	.03
2.1 Classification .....	.03
2.2 Morphologie .....	.03
2.3 Morphologie et structure .....	.03
3 Composition .....	.05
3.1 Protéines .....	.06
3.2 Lipides .....	.06
3.3 Glucides .....	.06
3.4 Vitamines .....	.07
3.5 Cendres et minéraux .....	.07
3.6 Composés phénoliques .....	.07
4 Utilisation .....	.07
5 Effets thérapeutiques .....	.08
5.1 Effets sur le système respiratoire et immunitaire .....	.08
5.2 Effets laxatif et émollient .....	.08
5.3 Effets anti-inflammatoire et anticancéreux .....	.09

Chapitre II : Généralités sur les substances bioactives.....	10
1 Mucilages	10
2 Flavonoïdes	10
3 Alcaloïdes	11
4 Tannins	11
5 Coumarines	12
6 Quinones	12
7 Activité antioxydante	12
7.1 Définition d'un antioxydant	13
7.2 Définition d'un radicale libre	13
7.3 Antioxydants d'origine végétale	13
7.4 Mécanismes d'action d'antioxydants	13
7.5 Principales sources d'antioxydants	14
8 Activité antibactérienne	14
8.1 Bactéries ciblées	15
Chapitre III : Généralités sur les desserts lactés	16
1 Historique	16
2 Définition	16
3 Catégories des desserts lactés	17
4 Technologie de fabrication de desserts lactés	18
4.1 La préparation du mix	18
4.2 La stérilisation	18
4.3 Refroidissement et conditionnement	18
4.4 Stockage et conservation	18
Matériels et méthodes	
1 Matériel	19
1.1 Matériel végétale	19

2	Méthodes	19
2.1	Analyse phytochimique des graines de lin	19
2.2	Analyses physico-chimiques des graines de lin	21
2.3	Dosage des substances bioactives	28
2.4	Activité antioxydante	31
2.5	Activité antimicrobienne	32
3	Elaboration des différentes formulations du dessert lacté	34
3.1	Formule de référence	34
3.2	Etapas de préparation	35
3.3	Analyses physico-chimiques des produits finis	36
3.4	Analyse sensorielle	36
3.5	Analyse statistique.....	36

Résultats et discussion

1	Résultats d'analyse phytochimique de la graine de lin	37
2	Résultats d'analyses physico-chimiques de la graine de lin	38
3	Résultats du dosage des substances bioactives de la graine de lin	40
4	Résultats de l'activité anti oxydante	41
5	Résultats de l'activité antimicrobienne	42
6	Résultats de préparation des desserts lactés à base de la graine de lin	42
6.1	Résultats d'analyses physico-chimiques des desserts lactés élaborés	43
6.2	Résultats d'analyse sensorielle des desserts lactés élaborés	44
6.3	Résultats d'analyse statistique	48
	Conclusion générale	50
	Références bibliographiques.....	52

Liste des figures

Figure 1 : Arrachage du lin, par un dignitaire et sa femme, Tombe de Sennedjem, Der el Medineh, XIXème dynastie .	02
Figure 2: Capsule de lin	03
Figure 03 : Graines de lin.....	03
Figure 4 : Aspect de la fleur de lin	04
Figure 5 : Représentation Shématique (A), Section longitudinale (B, C) de la graine de lin .	05
Figure 6 : Diagramme d'utilisation du lin	08
Figure 7: Aspect de <i>Staphylococcus aureus</i>	15
Figure 8 : Aspect de <i>Bacillus cereus</i>	16
Figure 9 : Différents types de desserts lactés	17
Figure 10 : Aspect des graines de lin	19
Figure 12 : Indice de gonflement de la poudre de lin	28
Figure 13 : Aspect des mucilages des graines de lin	28
Figure 14 : Etapes de dosage des flavonoïdes	30
Figure 15 : Protocole de test du DPPH	32
Figure 16 : Résultats du test de dpph	42
Figure 17 : Différentes formulations des desserts lactés élaborés.....	43
Figure 18 : Valeur de dosage de flavonoïdes et de pH des desserts lactés.....	44
Figure 19 : Résultat du test de dégustation du point de vue texture	45
Figure 20 : Résultat de la dégustation du point de vue goût	46
Figure 21 : Résultat de la dégustation du point de vue odeur	47
Figure 22 : Résultat du test de dégustation du point de vue couleur	48

Liste des tableaux

Tableau I: Classification du lin	03
Tableau II : Composition de 100g de graines de lin	05.
Tableau III: catégories des desserts lactés	17.
Tableau IV: Valeur de la gamme d'étalonnage des caroténoïdes.....	33
Tableau V : Extraits utilisés dans le test de DPPH	31
Tableau VI : Extraits utilisés dans l'activité antimicrobienne	33
Tableau VII: Interprétation des diamètres des zones d'inhibition	34
Tableau VIII : Résultats d'analyse phytochimique des graines de lin	38
Tableau IX : Résultats des tests physicochimiques des graines de lin	39
Tableau X : Composition et teneurs en acides gras de l'huile des graines de lin en (%).....	40
Tableau XI: Résultats des concentrations des substances bioactives des graines de lin.....	41.
Tableau XII : Valeurs des % d'inhibition des différents extraits des graines de lin.....	43
Tableau XIII: Résultats du test ANOVA / Odeur.....	49
Tableau XIV: Résultats du test ANOVA/ Couleur.....	49
Tableau XV: Résultats du test ANOVA/Goût.....	49
Tableau XVII: Résultats du test ANOVA / Texture.....	50

Remerciement

Nous remercions Allah le tout puissant qui nous a donné la volonté, la patience et le courage pour réaliser ce travail à terme.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre cher professeur madame Benahmed Djilali Adiba pour la confiance qu'il nous a accordé, pour son suivi et pour son énorme soutien au long de la période du travail.

Nous tenons également à remercier les membres du jury Mr MSELA et Mme LEKSIR pour votre lecture, et les remarques qui viendront enrichir ce travail

Nous adressons nos sincères remerciements à l'ensemble du corps enseignant, depuis l'école primaire aux études supérieures pour toutes les connaissances qu'ils nous ont transmises.

Nous n'oublions pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin, nos remerciements les plus chaleureux s'adressent à toutes les personnes qui nous ont aidés de pré ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

*Ma chère mère Houria ma source de vie, d'amour et de la tendresse qui
m'encourage toujours pour que je puisse atteindre mes objectifs.*

*Mon chère père Amara pour ces sacrifices et son soutien
tout au long de ma vie.*

Que dieu les garde et les protège.

A mes chères grands-mères Louisa et Zehoua.

A tous mes frères : Mahfoudh, Abdelkerim, Boudjema.

A mes adorables sœurs : Mezhoura, Taous, Samia, Zina.

A mes neveux : Rayane, Samy, Lina , Yastene, Aylane, Emily et Elyane.

A tous mes amis.

*A tous ceux qui m'ont soutenu tout au long de mon cursus et dans la réalisation
de ce modeste travail.*

L. Dyhia

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère

A mon père, écolier de mon enfance, qui a veillé tout à m'encourager à me donner aide et protection.

À tous cousins, amis et tous ceux que j'aime

J. Dyhia

Abstract

The study of some properties of the flax seed such as biochemical, biological, pharmacological, nutritional ones have been realized.

The phytochemical analyses reveals that the flax seed is rich of bioactives substances as flavonoids, alkaloids, tannins and the quinones. The quantity of mucilage presented in the flax seed as it is revealed by the recherche conducted is about 7,08 %. The study of the antioxidant of the mucilage showed that the antioxidant activity is superior than that of extracts (aqueux and ethanolic) in the flax seed. The extraction of the oil of the flax seed reveals that this oil is rich of insaturated fatty acid ω 3 with 52,69 % and ω 6 with 15,96 %

The antibacterial activity studied of the different extracts (aqueux and ethanolic) of the flax seed shows no inhibition zone towards the souches (*Staphylococcus aureus M450*, *Staphylococcus aureus ATCS25923*, *Bacillus 14579*) tested.

The flax seed powder was used to prepare different formulations of dairy desserts. The formulation F2 is composed of 25g of the milk powder, 25g of the flax seed powder and 3% of gelling agent with cocoa had been chosen as the best formulation appreciated by the tasters in the point of view of texture, odour, taste, and color. Besides, it is rich of flavonoids.

Key words: *Linum usitatissimum*, flavonoids, mucilage, DPPH, dairy desserts.

Résumé

L'étude de certaines propriétés biochimiques, biologiques, pharmacologiques et nutritionnelles de la graine de lin (*Linum usitatissimum* L.) a été réalisée.

L'analyse phytochimique réalisée montre que la graine de lin est riche en substances bioactives à savoir les flavonoïdes, les alcaloïdes, les tannins et les quinones. Le rendement d'extraction du mucilage est de l'ordre de 7,08%. L'étude de l'activité anti-oxydante du mucilage a démontré une activité anti-oxydante supérieure à celles des extraits (aqueux et éthanolique) des graines de lin. Le rendement d'extraction d'huile de lin démontre que les graines de lin sont riches en acides gras insaturés $\omega 3$ avec 52,69 % et $\omega 6$ avec 15,96 %.

L'étude de l'activité antibactérienne des différents extraits (aqueux et éthanolique) de la graine de lin ne démontre aucune zone d'inhibition vis-à-vis des souches (*staphylococcus aureus* M 450, *staphylococcus* ATCS 25923, *Bacillus* 14579) testées.

La poudre de la graine de lin a été utilisée pour préparer différentes formulations de desserts lactés. La formulation F2 composée de 25 g de la poudre du lait, 25g de la poudre de la graine du lin, 3% du gélifiant avec cacao a été choisie comme meilleure formulation appréciée par les dégustateurs de point de vue texture, odeur, goût et couleur. De plus, elle est riche en flavonoïdes.

Mots clés : *Linum usitatissimum* L., flavonoides, mucilage, DPPH, dessert lacté

Introduction générale

Le lin *Linum usitatissimum* L. traduit de son nom latin (lin de tous les usages) est une plante qui appartient à la famille des *Linaceae* (Abidi et al. 2019), elle est classée parmi les plantes médicinales en raison de ses propriétés de guérison, et elle est connue pour sa richesse en molécules bioactives (flavonoïdes, protéines et lipides). Ce corps oléagineux est employé considérablement dans le quotidien de la santé publique et énormément introduit dans le domaine industriel pour l'alimentation humaine et animale.

De nos jours, les graines de lin gagnent une popularité dans le secteur alimentaire pour leurs propriétés fonctionnelles vu leurs richesses en acides gras essentiel, lignane, vitamines, minéraux, fibres alimentaires solubles et insolubles et en mucilage.

Le mucilage des graines de lin a de nombreuses applications dans l'industrie agroalimentaire dont est souvent utilisé comme stabilisant dans les boissons et il est breveté comme ingrédient de texture dans les desserts laitiers (Qin et al. 2005).

Le besoin d'amélioration de caractères nutritionnels dans le domaine alimentaire afin d'avoir des aliments riches en molécules bioactives, ainsi les caractères thérapeutiques dans le domaine médicale nous a poussé à réaliser cette étude qui fait partie des travaux de recherche de notre promotrice.

L'objectif principal de ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des ressources agricoles locales en vue une meilleure utilisation. Il s'agit d'étudier les propriétés biochimiques, biologiques pharmacologiques et nutritionnelles des graines de *Linum usitatissimum* L. afin de les utiliser dans la fabrication d'un dessert lacté, pour atteindre ces objectifs nous avons suivi les étapes suivantes:

Tout d'abord nous présentons une recherche bibliographique composée de trois chapitres : Le premier chapitre avance des généralités sur les graines de lin, le deuxième chapitre résume l'ensemble des définitions et propriétés des substances bioactives et enfin le dernier présente des généralités sur les desserts lactés. Ensuite nous exposons les travaux expérimentaux réalisés où nous présentons le matériel et les méthodes utilisés dans la deuxième partie.

La troisième partie souligne les résultats marquant de ce travail et présente des comparaisons des résultats. Finalement, ce manuscrit se termine par une conclusion générale et souligne les perspectives de cette étude

Chapitre I : Généralités sur les graines de lin

1 Historique

Des les premières âges de l'humanité la culture du lin existe, cette culture est souvent réussie sur une terre fraîche et légère. Le lin est une plante médicinale cultivée comme source de fibres depuis 5000 ans avant J-C et maintenant elle est cultivée pour son huile d'intérêt (Oomah, 2001). La culture de lin constitue la troisième culture de fibres naturelles, disponible dans plus de 50 pays.

En effet, le Canada est le principal producteur de lin, suivi de la chine, des Etats-Unis et de l'Inde (Nacer & Tigrine, 2020)

Le lin est originaire d'Asie, de l'Ouest de la Méditerranée (Millam et *al.* 2005), mais ainsi découvert dans des cités lacustres suisses.

L'utilisation du lin a été étendue par l'Egypte des pharaons où certaines momies de pharaons étaient enroulées de 1000 m de bandelettes de lin. De plus, des fresques retrouvées dans les pyramides illustrent la culture du lin (Fig 01) (Savoire, 2008).



Figure 01 : Arrachage du lin, par un dignitaire et sa femme, Tombe de Sennedjem, Der el Medineh, XIXème dynastie (Savoire, 2008).

2 Classification et morphologie

2.1 Classification

Le lin est une plante de la famille des *Linaceae*, elle est géographiquement très répandue (300 espèces environ) réparties en 15 genres. La classification du lin est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau I: Classification du lin (Bloeden et al. 2004)

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Linales
Famille	<i>Linaceae</i>
Genre	<i>Linum</i>
Espèce	<i>Linum usitatissimum</i> L.

2.2 Morphologie

2.2.1 Définition

Le lin du nom latin *Linum usitatissimum* est une plante annuelle qui appartient à la famille des *linacées*.

Les capsules et les graines de lin sont présentées dans les figures suivantes :



Figure 02: Capsule des graine de lin

Figure 03 : Graines de lin

2.2.2 Morphologie et structure

Le lin est une plante herbacée avec un système racinaire peu profond et ce dernier a besoin d'humidité durant sa croissance (Hocking et al. 1997). Les feuilles du lin sont simples

disposées en panicule et toutes les branches de la pousse se terminent avec des fleurs (Fig 04) (Vaisey et Morris, 2003).



Figure 04 : Aspect de la fleur de lin

La graine de lin a une forme ovale, lisse avec un poids moyen de 3 à 13 mg. Elles possèdent une texture moelleuse, et une couleur qui varie du jaune au brun. En effet, la graine se compose de deux compartiments : l'embryon et des téguments qui sont des enveloppes protectrices (Gutierrez et *al.* 2006); ces dernières protégeant l'embryon contre les pathogènes et les contraintes mécaniques (Attoumbré et *al.* 2010).

Le tégument possède plusieurs assises cellulaires (Fig 05) :

- Une couche de pigments, responsable de la couleur de la graine (du jaune au marron)
- Deux assises cellulaires de fibres (spermodermes)
- Une couche de cellules rondes
- Une assise mucilagineuse, composée de mucilages trouvée sur l'externe de la graine de lin (épiderme) (Kadivar, 2001).

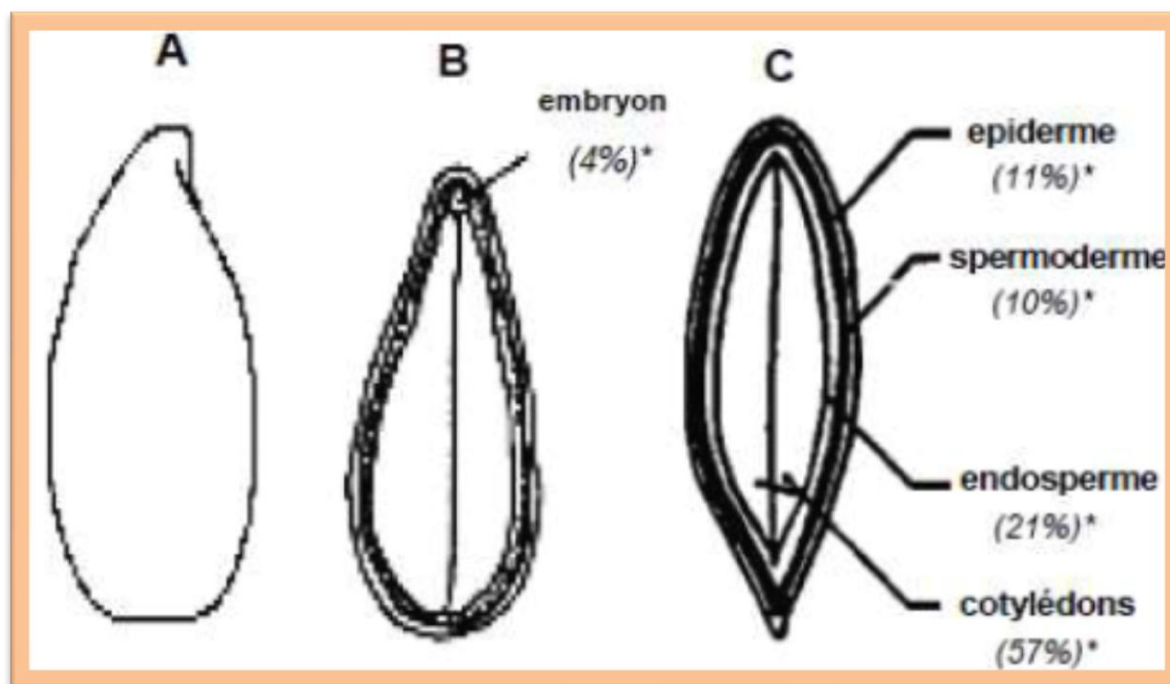


Figure 5 : Représentation Schématique (A), Section longitudinale (B, C) de la graine de lin (Daun et al. 2003)

3 Composition

La composition chimique du lin varie selon les variétés et les conditions environnementales de la culture de la plante (Daun et al. 2003).

Les graines de lin sont composées majoritairement d'huile (30-45%), 40% environ de lipides, 30% de fibres alimentaires, et 20% de protéines. L'embryon de la graine est composé essentiellement de protéine et d'huile (Venglat et al. 2011) tandis que ces téguments sont composés de mucilages et de polyphénols. Le Tableau ci-dessous montre la composition chimique des graines de lin.

Tableau II : Composition de 100g des graines de lin (Coskuner et Karababa, 2007)

Constituant	Composition pour 100g
Energie	534 kcals
Eau (g)	6,96
Protéines (g)	18,3
Fibres (g)	27,3
Lipides (g)	42,15
Omega 3(Acide α -linoléique)	22,8
Omega 6 (Acide linoléique)	5,9
Omega 9(Acide oléique)	7,55

	Gras saturé	3,65
Minéraux (mg)		
	Calcium	255
	Fer	5,73
	Magnésium	392
	Potassium	813
	Phosphore	642
Vitamines (mg)		
	B1	1,64
	B3	3,08
	B5	0,98

3.1 Protéines

Les graines sont composées de protéines (10 à 30%) qui sont accumulées dans les cotylédons. Les deux principales protéines des graines de lin sont l'albumine et la globuline ; la proportion de ces dernières dépendent des variétés de lin (Oomah, 2003).

3.2 Lipides

Les graines de lin sont riches en huile (35 à 45%) d'où leur classification parmi les graines oléagineuses. La majorité de cette huile est localisée au niveau des cellules des cotylédons (78%) et de l'endosperme (12%) (Oomah, 2001) et (10%) juste se trouve dans la cuticule.

Les graines de lin sont aussi riches en acides gras polyinsaturés (Oméga-3) qui jouent un rôle dans la maintenance des organes, la prévention de divers pathologies, réduction des taux de lipides et de glucose ainsi que la pression artérielle et le stress oxydatif (Bloedon et Szapary, 2004).

3.3 Glucides

Les glucides des graines de lin sont résistants à l'action des enzymes digestives humaines (Vaisey et Morris, 1997). Généralement, les graines de lin possèdent deux types de sucres à savoir l'amidon avec une teneur faible et les fibres alimentaires (25-32%) (Acket et *al.* 2011).

3.4 Vitamines

Les graines de lin ont une teneur en vitamines du groupe B, vitamine E sous forme de gamma-tocophérol et une petite quantité de vitamine K sous forme de phylloquinone (Malcolmson et *al.* 2000).

3.5 Cendres et minéraux

Les graines de lin contiennent plusieurs composés minéraux tels que : potasse, soude, magnésium, oxyde de fer, acide phosphorique, chlore, silice (Château, 1863) ; carbonate de calcium, aluminium et des petites quantités de cadmium (Daune et *al.* 2003)

3.6 Composés phénoliques

Les polyphénols de lin sont composés de faibles teneurs en acides phénoliques (8 à 10 g /kg de lin), en flavonoïdes, en tanins et d'une teneur élevée en lignanes. Ces composés protègent la plante de lin contre les UV, les pathogènes, et les insectes (Nebitt et *al.* 1999).

3.6.1 Lignanes

Les lignanes font partis du groupe de polyphénols (Moss, 2000), et de la famille des phytoestrogènes ; et elles sont douées des propriétés anti-oxydantes et anticancéreuses (Chen, M., Cheung, FW., Chan, MH., et *al.* 2012). Les graines de lin constituent une source végétale la plus riche en lignanes (Martinchik et *al.* 2012).

3.6.2 Flavonoïdes

Ils sont répartis en plusieurs classes : les flavones, les flavonones, les anthocyanines, et les flavanols dans les graines de lin. Ces graines contiennent 35 à 71 mg/100g de flavonoïdes et en grande quantité de flavanols (Oamah et *al.* 2013). Ces flavonoïdes sont responsables de la coloration des graines.

4 Utilisation

Le lin et son huile sont utilisés pour divers usages trouvant l'usage industriel dans la fabrication de peinture, vernis, nutraceutique, et l'alimentation animale ainsi son incorporation comme ingrédient dans les aliments transformés. L'utilisation du lin est résumée dans le diagramme suivant (Laiq Khan et *al.* 2010) :

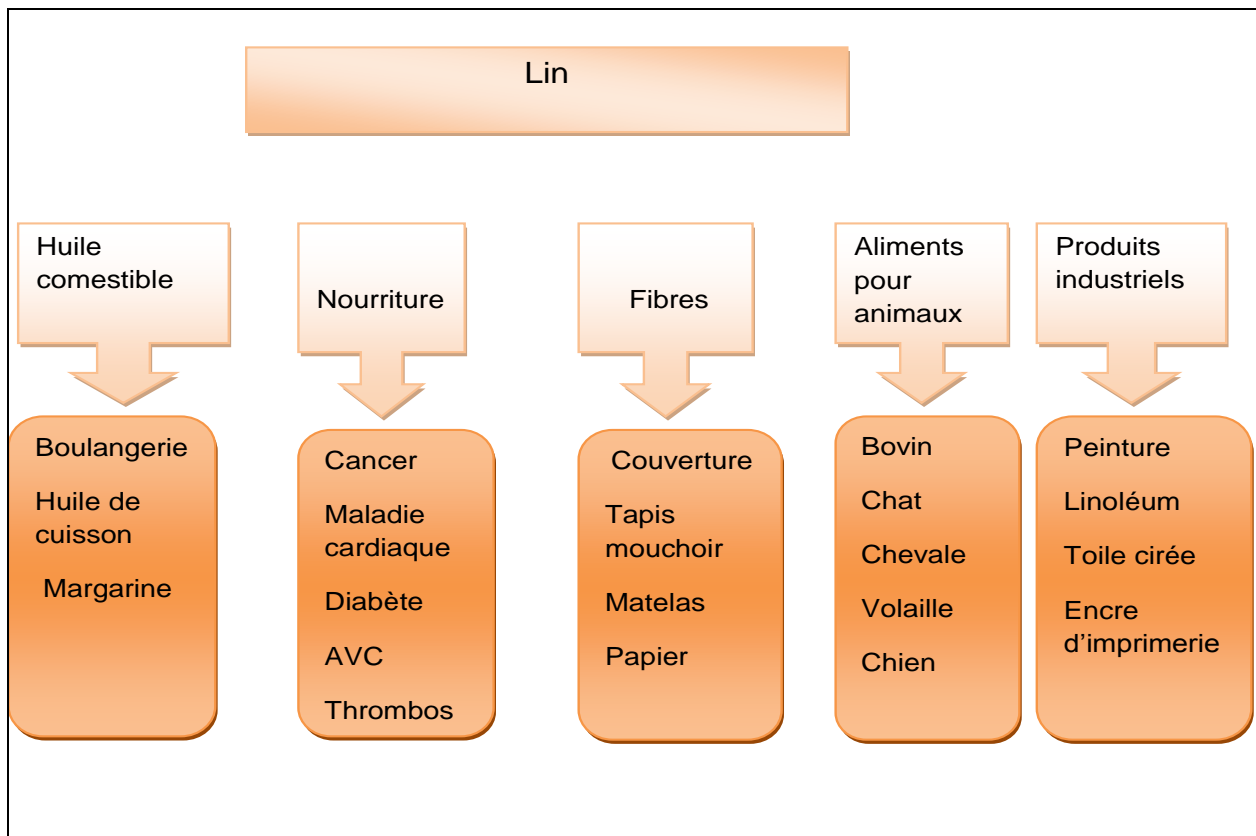


Figure 6 : Diagramme d'utilisation du lin (Laiq khan et al. 2010)

5 Effets thérapeutiques

Les graines de lin et leur huile sont de véritables aliments indispensables pour la santé en raison de leurs propriétés de guérison. En effet, le lin est une plante médicinale et son utilisation remonte à l'Égypte ancienne (Anwar et al. 2013).

5.1 Effets sur le système respiratoire et immunitaire

Les graines de lin sont efficaces contre les douleurs pulmonaires. Ainsi, elles sont efficaces contre la toux chronique ou aiguë, la bronchite, et la cystite chronique, également elles sont utilisées contre l'angine et l'artériosclérose (Halligudi, 2012). Les graines de lin sont aussi conseillées pour les personnes souffrant de la sclérose, du manque d'hormones mais aussi un effet considérable sur le système immunitaire. Notamment, la vitamine E de ces graines augmente l'excrétion de sodium dans l'urine (Katare et al. 2012).

5.2 Effets laxatif et émoullient

Les capacités laxatives et émoullientes des graines de lin sont liées aux capacités de gonflement de ses mucilages en milieu humide. Notamment en cas de constipation chronique les graines de lin absorbent les liquides intestinaux (Kaithwas, G., Mukerjee, A Kumar,

P.,Majumdar, DK .2011). En outre, les mucilages des graines de lin contribuent à ramollir les selles et faciliter leur évacuation (Blumenthal, 2000).

5.3 Effets anti-inflammatoire et anticancéreux

Les mucilages des graines de lin ont un effet anti-inflammatoire réduisant l'irritation du colon dans des affections comme les colites, l'inflammation intestinale et les hémorroïdes (Abidi et *al.* 2019).

Il y a lieu de signaler que l'ingestion des graines de lin fait prévenir les maladies cancéreuses telles que le cancer du sein, de l'utérus et de la prostate comme elles protègent aussi contre une récurrence (Halligudi, 2012).

Chapitre II : Généralités sur les substances bioactives

1 Mucilages

Les mucilages sont des polysaccharides qui possèdent une capacité de gonflement en milieu humide. Ils sont considérés comme constituants cellulaires normaux, préexistants dans des formations histologiques spéciales (Bruneton, 2012).

Les mucilages sont des polymères complexes de nature d'hydrate de carbone, avec une structure de branche, qui contient de l'arabinose, D-galactose, L-rhamnose et D-xylose, et d'acide galacturonique (Sepulveda et al. 2007). Ils sont trouvés dans les différentes parties de la plante du lin (Deogade et al. 2012). Notamment, les mucilages des graines ne représentent que 10% de leur composition totale.

Le mucilage est un mélange de glucides (73,6%) et de protéines (14,5%) (Mazze et Biliaderis, 1989)

Le mucilage des graines de lin est utilisé pour ses propriétés biologiques dans le traitement des troubles intestinaux et comme antimicrobien et antibactérien dans certains produits cosmétiques.

En outre, le mucilage de graines est industriellement intéressant en raison de sa richesse en oligosaccharides biologiques actifs (Laraba & Hadjhafsi, 2020) en protéines fonctionnelles qui pourrait être précieux dans les aliments (Rabetafika et al. 2011).

2 Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont les principaux métabolites secondaires des végétaux, ils se trouvent en général dans toutes les plantes vasculaires. Ces substances bioactives sont localisées dans divers organes comme les racines, les tiges, les feuilles, les fleurs et les fruits (Harborne JB, 1998)

Du fait de leurs multiples propriétés anti-inflammatoires, anti oxydantes et antimicrobiennes les plantes médicinales à flavonoïdes sont des remèdes contre de nombreuses maladies telles que les maladies vénériennes et infectieuses (Haménou et al. 2018).

Ces substances possèdent un fort potentiel antioxydant par le piégeage des radicaux libres, générées par l'organisme en réponse aux agressions de l'environnement qui favorisent le vieillissement cellulaire (Zuk et al. 2011)

Les flavonoïdes sont particulièrement actifs et assurent le maintien d'une bonne circulation sanguine, antiprolifératif et anti-cancérogénique et inhibent la tendance des cellules sanguines

de petite taille ou plaquettes à se regrouper et à former des caillots sanguins (Haménou et *al.* 2018).

Des tests phytochimiques effectués sur l'extrait de *L.usitatissimum* révèlent la présence des flavonoïdes, des polyphénols, des alcaloïdes, des tannins, des quinones libres, des glucosides et quelques traces des coumarines (Boukaria et *al.* 2020).

3 Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des substances bioactives provenant essentiellement des plantes, contiennent au moins un atome d'azote dans leur structure chimique et ils sont principalement extraits des plantes fleurissantes, leurs propriétés sont généralement variées et dépendant de leur compositions chimiques (Harborne JB, 1998).

Ces substances, peuvent avoir une action sur le système nerveux central comme antidépresseur (scopolamine, morphine) ou stimulants (caféine) le système nerveux autonome (hordéine, éphédrine, atropine, ésérine). Elles peuvent aussi jouer le rôle d'antibiotiques comme la cyclosérine, la mytomycine, d'antitumoraux (vinblastine) et d'anesthésiques locaux (cocaïne) (Badiaga. 2011).

4 Tannins

Les tannins sont des composés phénoliques d'origine végétale, solubles dans l'eau, avec un poids moléculaire compris entre 500 et 3000 Dalton (Harborne, 1998). Ces composés jouent plusieurs rôles : astringents à l'extérieur, anti-diarrhéique à l'intérieur (ralentit le péristaltisme intestinal), action antiseptique, vasoconstricteurs de petits vaisseaux (hémorroïdes, blessures superficielles), action anti-inflammatoire dans le cas de brûlures. De plus, ils sont utilisés en industrie, dans le tannage des cuirs (Obame et *al.* 2009). En effet, ces molécules se lient aux protéines par des liaisons résistantes aux attaques bactériennes et transforment la peau d'animaux en cuire tanné (Harborne, 1998).

Les tannins galliques raffinent et tonifient la peau, ils possèdent des activités bactéricides et virucides. De même, les tannins catéchiques exercent un effet bactéricide et tonique veineux, utiles contre les hémorroïdes, les varices, et les troubles circulatoires (Obame et *al.* 2009).

5 Coumarines

Les coumarines sont des composés phénoliques d'origine végétale, ils sont des hétérocycles oxygénés ayant comme structure de base le benzo-2-pyrane et ont été isolés pour la première fois par Vogel en 1820 dans le *Coumarouna odorata* (Muanda, 2010). Ces composés ont une odeur caractéristique de foie fraîchement coupé (Harborne, 1998) et permettent aux plantes de se défendre contre les agressions d'autres organismes vivants pathogènes comme les champignons, les bactéries et les virus et de corriger ses troubles métaboliques (Boukeria et al. 2020).

Notamment, les coumarines peuvent avoir une activité anti-inflammatoire, analgésique et anti oxydante (Yougbaré-Ziébro et al. 2015).

6 Quinones

Les pigments naturels de quinones varient en couleurs de jaune pale à presque noir avec plus de 1200 structures connues et ils sont largement distribués (Harborne, 1998). Ces pigments ont de puissantes propriétés antioxydantes qui agissent sur les radicaux libres et arrangent les dommages causés par ceux-ci (Haménou et al.2018). En raison de leur effet antioxydant, les quinones sont en cours d'étude comme un traitement des traumatismes crâniens et des maladies neurologiques comme la maladie de parkinson (Madeo et al. 2013).

7 Activité antioxydante

Les formes activées de l'oxygène sont pour la plupart des radicaux chimiques dérivés de l'oxygène, capables d'attaquer l'ADN, les enzymes, les protéines, les membranes cellulaires. Ces attaques peuvent être responsables de problèmes lors de la réplication de l'ADN entraînant des mutations, des cancers, des perturbations au sein des cellules qui peuvent conduire à leur mort.

Ces molécules peuvent également entrainer une destruction des membranes cellulaires; celle-ci peut mener au durcissement et à l'épaississement des artères mais aussi à des crises cardiaques, de la détérioration du collagène et donc à la rigidité des tissus (Aboudounia, 2018). Deux catégories de molécules possédant une activité anti oxydante sont présentes dans la graine de lin : les tocophérols et les polyphénols (Kacher et al. 2020).

7.1 Définition d'un antioxydant

Ce sont des substances capables de neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme et permettent de maintenir au niveau de la cellule des concentrations non cytotoxiques de ROS. Les antioxydants sont des systèmes enzymatiques ou non-enzymatiques, endogènes ou exogènes (Aboudounia, 2018).

7.2 Définition d'un radicale libre

Ce sont des atomes et des molécules dotés d'une forte énergie et qui avant d'être neutralisés détruisent ce qu'ils rencontrent. Ils sont produits dans toutes les cellules de l'organisme tout à fait normalement et en faible quantité dans les mitochondries. Il s'agit des ions oxygène, hydroxyde et de l'eau oxygénée qui sont libérés lors des réactions biochimiques. Avant d'être neutralisés ils provoquent des lésions sur tous les éléments qu'ils côtoient (Muanda, 2010).

7.3 Antioxydants d'origine végétale

Il ya plusieurs métabolites secondaires comme les caroténoïdes et les polyphénols qui sont généralement de bons capteurs de radicaux hydroxyles $\text{OH}\cdot$ et peroxydes $\text{ROO}\cdot$. Ils sont donc susceptibles d'inhiber les chaînes de peroxydation lipidique (Bouras et *al.* 2019).

Les polyphénols sont des antioxydants les plus abondants dans notre alimentation qui sont capables de piéger les radicaux libres générés par l'organisme humain ou formes en réponse aux agressions de l'environnement comme le tabac, la pollution et les infections (Belkhiri, 2009)

7.4 Mécanismes d'action d'antioxydants

Les mécanismes d'action d'antioxydants sont divers, incluant le captage de l'oxygène singulier, la désactivation des radicaux par réaction d'addition covalente, la réduction de radicaux ou de peroxydes (Bouras et *al.* 2019).

7.4.1 Antioxydants primaires

Il existe deux types d'antioxydants classés par rapport à leur mécanisme d'action Les antioxydants primaires ou piègeur des radicaux libres qui peuvent inhiber la réaction d'initiation et la propagation de l'oxydation en participant au processus d'oxydation et en convertissant les radicaux libres vers leurs formes inactives.

Les antioxydants primaires sont généralement des composés phénoliques capables de donner un atome d'hydrogène au radical libre et le convertir en un composé stable non radicalaire (Bouras et *al.* 2019).

7.4.2 Antioxydants secondaires

Les antioxydants secondaires ou préventifs englobent une large gamme de différentes substances chimiques qui inhibent l'oxydation des lipides par différents mécanismes et ne transfèrent pas le radical libre sous sa forme non-radicalaire. Avec quelques exceptions.

Ce type d'antioxydants inclut des chélateurs de métaux pro-oxydatifs, des désactivateurs de l'oxygène singulier, des piègeurs de la molécule d'oxygène, inhibiteurs des enzymes pro-oxydative, enzymes anti oxydantes et destructrices des hydroperoxydes (Bouras et *al.* 2019).

7.5 Principales sources d'antioxydants

7.5.1 Superoxyde dismutase

Le superoxyde dismutase est une enzyme qui élimine l'anion superoxyde par une réaction de dismutation, elle produit de l'oxygène et du peroxyde d'hydrogène selon la réaction suivante :



7.5.2 Catalase

Les catalases sont localisées exclusivement à l'intérieur des peroxysomes, ce qui limite leur action par rapport à d'autres enzymes, cytoplasmiques par exemple et elles transforment deux molécules de peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène qui sont des composés stables.



7.5.3 Glutathion

Le glutathion est un agent antiradicalaire composé de 3 acides aminés : cystéine, acide glutamique et glycine. Il joue un rôle majeur dans la protection des lipides, des protéines et des acides nucléiques contre l'oxydation. Le glutathion est largement présent sous forme réduite, réduit le peroxyde d'hydrogène en H₂O grâce à la réaction catalysée par la glutathion peroxydase. Il peut aussi réduire les radicaux formés par l'oxydation des vitamines E et C (Bouras et *al.* 2019).



8 Activité antibactérienne

Les activités antimicrobiennes des graines de lin ont été associées à diverses activités antifongiques et antibactériennes. De nombreuses études ont associé les activités antimicrobiennes des graines de lin à la présence de polyphénols.

D'autres études ont également révélé qu'au lieu de l'huile et des fibres, les résidus du processus d'extraction de l'huile de lin connue sous le nom de tourteau de graines peuvent contribuer aux activités antimicrobiennes car ils sont associés à des acides phénoliques élevés qui présentent des propriétés antimicrobiennes (Kacher et al. 2020).

Selon Abidi et al. (2019), l'huile de lin a une activité antimicrobienne contre *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Enterococcus faecalis*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus subtilis* et *Candida albicans*.

8.1 Bactéries ciblées

8.1.1 *Staphylococcus aureus*

S. aureus est une bactérie commensale qui réside dans la peau et les muqueuses, c'est une coque à coloration de Gram positive, il mesure de 0,5 à 1 μm de diamètre, ne sporule pas, est immobile, aéro-anaérobie facultatif et possède une catalase et une coagulase. *S. aureus*, espèce type du genre *Staphylococcus*, parfois appelée staphylocoque doré, produit de nombreuses toxines, qui sont responsables d'épidémies liées à cette bactérie. (Leung, 2014)

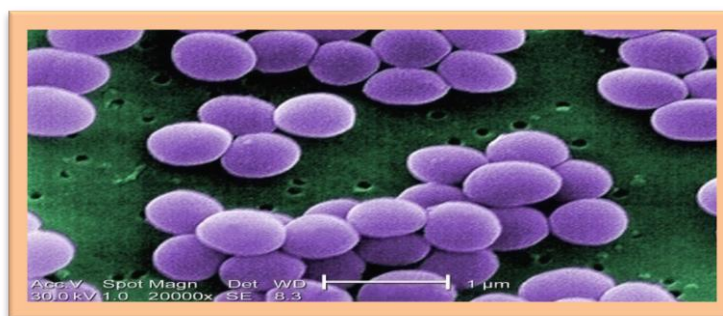


Figure 7: Aspect microscopique de *Staphylococcus aureus*

8.1.2 *Bacillus cereus*

Bacillus cereus est un bacille à coloration de gram positive, Il mesure 5 μm de long sur 1 μm de diamètre, aéro-anaérobie facultatif, mobile a ciliature peritriche, la spore ovale ou cylindrique et généralement subterminale. *Bacillus cereus* est responsable d'intoxication alimentaire et d'infections non intestinales graves et potentiellement mortelle chez l'homme (Morrollo, 2016), de toxi-infections caractérisées par des symptômes diarrhéiques, ainsi que d'intoxications se traduisant par des symptômes émétiques.

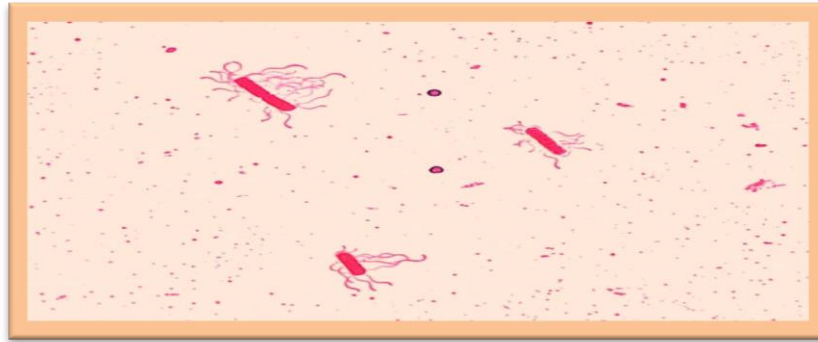


Figure 8 : Aspect microscopique de *Bacillus cereus*

Chapitre III : Généralités sur les desserts lactés

1 Historique

Les desserts lactés sont des préparations traditionnelles à base du lait. Entre le XVI^e et XIX^e siècle, A cette époque ces préparations sont soit sucrées ou salées. Puis ce n'est qu'au XIX^e siècle que le dessert lacté pris sa place dans la culture culinaire française.

Au début du XIX^e siècle, et avec le développement de techniques de conservation, les desserts lactés sont apparus en boîtes appertisées. A la deuxième moitié du XX^e siècle, les desserts lactés frais sont développés avec l'apparition de la conservation au froid.

De nos jours, les technologies de fabrication autorisent la production des desserts lactés très riches en variété de goût, de texture et d'aspect (Lubrano-Lavadera *al.* 2014)

2 Définition

Les desserts lactés sont des préparations fabriquées à l'aide des matières premières laitières sans ferments lactiques ; auxquelles on a ajouté d'autres ingrédients (sucre, poudre de cacao, gélifiant).

Leur fabrication est maintenue dans des conditions spécifiques qui nécessitent un traitement thermique. Les desserts lactés sont répartis en plusieurs groupes : laits gélifiés, les mousses, les flans nappés et les crèmes desserts (Fig 9) (Jeantet et *al.* 2008).



Figure 9 : Différents types de desserts lactés

3 Catégories des desserts lactés

La famille des desserts lactés regroupe entre autre les desserts gélifiés (laits gélifiés, flans), les crèmes desserts et les desserts foisonnés (mousses), que l'on distingue par les agents de texture utilisés (épaississants, gélifiants, émulsifiants). Le tableau suivant illustre les différentes catégories des desserts lactés.

Tableau III: Catégories des desserts lactés

Catégories de produits (aromatisés ou non)	
Critères fixés par le règlement (CE) n°2073/2005 des produits laitiers frais	
Laits emprésurés	Préparés à base du lait coagulé sous l'action de la présure uniquement. Ils peuvent être consommés nature ou additionnés de sucres et/ou d'arômes.
Crèmes desserts	Préparés à base du lait sucré et aromatisé, épaissis par l'ajout d'agents de texture, éventuellement additionnés de crème.
Laits gélifiés (ou flans)	Préparés à base lait sucré et aromatisé, additionné des gélifiants et épaississants (max. 2 % en poids du produit fini).
Mousses	Préparés à base du lait, du sucre, d'arômes, des gélifiants, des épaississants, de plus des agents de foisonnement, de la crème et des œufs.
Îles flottantes (Crème anglaise)	Elaborées avec de jaunes d'œufs (min 7 %), de blancs d'œufs (min10 %) pour les produits « traditionnels » et elles doivent être cuites au four ou au bain-marie.
Œufs au lait	Préparés à base des œufs (min 15%) cuits au four et l'ajout de gélifiants est interdit .
Flans aux œufs	Préparés à base du lait (> 50 %) additionné d'œufs (min. 5 %), arôme et du sucre. Dans ce cas, ce sont les œufs qui font office d'agents de texture.

Crèmes caramel	Préparés à base du lait additionné d'œufs (de 5 à 15 % pour des desserts courants ou traditionnels), de crème (min 3 % en traditionnel), et bien sûr de caramel à hauteur de 5 à 6 % min. Ce type de dessert requiert une cuisson au four
Riz au lait	Préparé à base du riz (min 8 %) de riz, cuit dans le lait
Laits gélifiés (liégeois)	Préparés à base du lait gélifié additionné d'une crème foisonnée
Gâteaux de semoule	Préparés à base de la semoule doit représenter 5 à 7 % min

4 Technologie de fabrication de desserts lactés

La fabrication d'un dessert lacté passe par plusieurs étapes :

4.1 Préparation du mix

Mélanger les ingrédients (poudre de lait, le sucre, la poudre de cacao, le gélifiant) et pour éviter la formation de grumeaux, le produit est conservé au froid (Poillot, 2011)

4.2 Stérilisation

Cette stérilisation permet la conservation du produit. Elle est maintenue sur un échangeur de plaque à haute température (135 °c) pendant quelques secondes (2 à 4).

4.3 Refroidissement et conditionnement

Le produit est refroidi partiellement à une température proche à 80°C donc ce produit il est conditionné à chaud ; ce qui minimise les risques d'altérations microbiologiques. Puis, le produit conditionné est refroidi.

4.4 Stockage et conservation

Le stockage s'effectue dans une chambre froide pour une bonne conservation d'une durée de 2 à 3 semaines au froid (+ 6°C) (Poillot, 2011).

1 Matériel

1.1 Matériel végétale

Le matériel végétal utilisé dans notre étude sont les graines de lin, *Linum usitatissimum* L. qui s'appellent localement « Zaria'at el ketan » (Fig 10), achetées auprès d'un herboriste de la ville de Tizi-Ouzou.



Figure 1 : Aspect des graines de lin

2 Méthodes

2.1 Analyse phytochimique des graines de lin

Afin de mettre en évidence la présence ou l'absence de certains métabolites secondaires, un criblage phytochimique de l'extrait des graines de lin a été réalisé selon les méthodes standards de screening photochimique (Dahou et *al.*, 2003. Kumar et *al.* 2010).

La quantité de la substance recherchée est proportionnelle soit à l'intensité du précipité formé (la turbidité) ou l'intensité de la couleur.

2.1.1 Préparation de l'infusé

Mode opératoire

- 20 g de la poudre des graines de lin sont macérés dans 100 ml d'eau distillée
- Le mélange est porté à l'ébullition pendant 15 min
- Le filtrat est ajusté à 100 ml d'eau distillée.

Matériels et méthodes

2.1.2 Recherche des anthocyanes

5 ml de l'infusé sont introduits dans un erlenmeyer, additionnés de quelques gouttes d'HCL. Une réaction positive donne une coloration rouge en présence des anthocyanes.

2.1.3 Recherche des tannins

Quelques gouttes de la solution FeCl_3 (5%) sont ajoutées à 5 ml de l'infusé. Une coloration bleue noire de la solution identifie la présence des tannins.

2.1.4 Recherche des tannins galliques

5ml du filtrat ont été saturés par l'acétate de sodium (CH_3COONa), puis additionnés de quelques gouttes de FeCl_3 . La réaction est dite positive lorsque la coloration bleue foncée apparaît.

2.1.5 Recherche des flavonoïdes

Introduire dans 5 ml de l'infusé, un copeau de Mg et 1 ml d'alcool iso butanol, la réaction est dite positive lorsque la coloration est rouge orange.

2.1.6 Recherche des saponosides

Dans deux tubes à essai fermés, mettez dans l'un 5 ml d'HCL, l'autre 5 ml d'NaOH ; introduire dans chacun deux à trois gouttes de l'infusé, ensuite, effectuer une agitation verticale pendant 30 secondes et laisser reposer 15 min.

Une réaction positive est déterminée par la présence ou non d'une mousse persistante.

Deux cas sont possibles :

1^{er} cas : en présence des saponines stéroïdiennes, on obtient dans les tubes, le même volume de la mousse ;

2^{ème} cas : Si la graine contient des saponines tri terpéniques, en milieu basique il y'aura formation d'une mousse quelque fois plus grande par stabilité et par volume.

2.1.7 Recherche des quinones libres

Ajouté 2 ml d'HCL (1N) et 20 ml de chloroforme dans 2 g de la poudre végétale. Laisser le mélange pendant 3 heures. Après filtration, ajouter au filtrat 5 ml d'ammoniaque (1 /2 V : V). La réaction est dite positive lorsque la coloration rouge violette apparaît.

2.1.8 Recherche des quinones combinées

5 ml d' H_2SO_4 sont additionnés à 2 g de la poudre, le mélange obtenu a été chauffé à reflux pendant 2 heures puis filtré. Par la suite, 20 ml de chloroforme sont ajoutés au filtrat obtenu,

Matériels et méthodes

puis la solution a été évaporée à sec, et reconstituée par l'ammoniaque. La réaction est dite positive lorsqu'une coloration rouge se manifeste.

2.1.9 Recherche des alcaloïdes

Ajouter 20 ml d'ammoniaque (1 /2) et 50 ml du mélange éther-chloroforme (3/2 V : V) à 5 g de la poudre. Le filtrat obtenu est épuisé par HCL (2N). L'identification des alcaloïdes a été faite grâce au réactif de Dragendroff qui donne un précipité rouge.

2.1.10 Recherche des glucosides

Quelques gouttes d'H₂SO₄ ont été ajoutées à 2 g de la poudre de la graine de lin. Une coloration rouge brique ensuite violette se manifeste en présence de glucosides.

2.1.11 Recherche des coumarines

20 ml du mélange (Ethanol : eau distillée V : V) sont ajoutés à 2 g de la poudre de la graine de lin. La suspension obtenue est bouillie pendant 15 min, puis filtrée et refroidit.

L'ajout de 10 gouttes de la solution KOH (10%) à 3 ou 5 ml du filtrat et quelques gouttes d'HCL à 10% jusqu'à l'obtention d'un milieu fortement acide cela identifie les coumarines. L'apparition d'un trouble indique la présence des coumarines.

2.1.12 Recherche des sennosides

Dans une fiole conique, on mélange 2,5 g de la poudre de lin plus 50 ml d'eau distillée plus 2 ml d'HCL concentré. Le mélange a été chauffé au bain-marie pendant 15 min. Une fois refroidit on additionne 40 ml d'éther.

La phase organique étherée a été séparée de la phase aqueuse et séchée en présence de sulfate de sodium anhydre (Na₂SO₄H₂O). Après on réalise une évaporation suivi d'un refroidissement du résidu qu'on lui ajoute 5 ml d'ammoniaque (1/2).

Les sennosides sont identifiés par une coloration jaune ou orange de la solution. Le chauffage de cette solution au bain-marie pendant 2 min donne une coloration violette rouge.

2.2 Analyses physico-chimiques des graines de lin

2.2.1 Dosage de l'acidité

Le principe de cette méthode consiste en un titrage de l'extrait des graines avec une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (0,1N) en présence de phénophtaléine comme indicateur de couleur (NF V 05-101,1974).

Mode opératoire

- Peser 10g de l'échantillon ;
- Placer l'échantillon dans une fiole conique, puis ajouter 70ml d'eau distillée récrément bouillie et refroidie, puis mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène ;
- Chauffer le contenu au bain marie pendant 30mn ;
- Refroidir, transvaser quantitativement le contenu de la fiole conique dans une fiole jaugée de 100ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée, bien mélanger puis filtrer.
- Additionner 10ml du filtrat à 10ml d'eau distillée ;
- Ajouter trois gouttes de phénolphaléine et tout en agitant, titrer avec de la solution d'hydroxyde de sodium 0,1N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

Expression des résultats

L'acidité titrable est calculée selon la formule suivante

$$A(\%) = \frac{175 \times V_1}{V_0 \times M}$$

Soit :

M : masse prélevée en gramme ;

V₀ : volume en ml de la prise d'essai ;

V₁ : volume en ml de la solution NaOH à 0,1N.

2.2.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH a été déterminé à l'aide d'un pH mètre selon la méthode potentiométrique (NF V 05-108,1997).

Mode opératoire

- Peser 4g de l'échantillon dans 100ml d'eau distillée chaude ;
- Broyer le mélange et laisser refroidir ;
- Etalonner le pH mètre en utilisant une solution tampon ;
- Prélever un volume V de l'échantillon suffisamment important pour permettre l'immersion de l'électrode ;
- Noter ensuite la valeur du pH.

2.2.3 Humidité

Un séchage des graines de lin a été réalisé dans une étuve à 105± 03°C jusqu'à avoir un poids constant.

Mode opératoire

- Peser les capsules en aluminium, tarer les capsules ;
- Peser dans chaque capsule 5g de l'échantillon, et les placer dans l'étuve ;
- Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans un dessiccateur, après refroidissement, on les pèse.

Expression des résultats

L'humidité est déterminée selon la formule suivante :

$$H(\%) = \frac{M_1 - M_2}{P} \times 100$$

Soit :

H(%) : humidité

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

M₂ : masse de la capsule + la matière après séchage (g) ;

P : masse de la prise d'essai en (g).

$$\text{Matière sèche \% : } 100 - H\%$$

2.2.4 Teneur en cendres

Chaque échantillon a été calciné à 550°C dans un four à moufle jusqu'à l'obtention des cendres blanchâtres de poids constant, la température est augmentée progressivement de manière à éviter une calcination violente du produit (NF V 05-113,1972).

Mode opératoire

- Peser 5g de l'échantillon dans des creusets en porcelaine;
- Placer les creusets dans un four à moufle fermé; à une température de 550°±15°C jusqu'à l'obtention d'une couleur blanchâtre de poids constant ;
- Retirer les creusets du four et les mettre à refroidir dans le dessiccateur, puis les peser.

Expression des résultats

La teneur en cendres est calculée utilisant la formule suivante :

$$MO\% = \frac{M_1 - M_2}{P} \times 100$$

Soit :

MO : matière organique en (g) ;

M₁ : masse de creuset + la prise d'essai en (g) ;

M₂ : masse de creuset après incinération en (g) ;

P : masse de la prise d'essai (g).

$$Tc\% = 100 - MO\%$$

Soit :

Tc : Taux de cendres.

2.2.5 Matière grasse

L'extraction de la matière grasse totale (MGT) a été effectuée en utilisant l'hexane comme solvant d'extraction. Après évaporation du solvant, le taux de la matière grasse consiste à peser l'huile obtenue directement (ISO659 Octobre, 1998).

Extraction par soxhlet

Un extracteur soxhlet (ou appareil de soxhlet) (Fig 11) est une pièce de verrerie utilisée en chimie analytique et en chimie organique, elle permet de faire l'extraction par solvant en continu.

Mode opératoire

- Placer, dans un soxhlet la cartouche contenant la prise d'essai de la poudre des graines de lin (30g).
- Verser dans le ballon la quantité nécessaire 300ml d'Hexane.
- Adapter le ballon au soxhlet.
- Après une extraction d'une durée d' 1h, éteindre l'appareil et laisser refroidir.
- Eliminer le solvant par évaporation avec un rotavapeur et peser le ballon contenant le résidu huileux.



Figure 2 : appareil de soxhlet

Le taux de la matière grasse est calculé par la formule suivante :

$$MG(\%) = \frac{P1 - P2}{ME} \times 10$$

Soit :

P2 : poids du ballon vide (g).

P1 : poids du ballon après évaporation(g)

ME : masse de la prise d'essai(g).

MG : taux de la matière grasse(g).

2.2.6 Préparation des esters méthyliques d'acides gras

Transestérfication à froid au moyen d'une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium

Principe

Les esters méthyliques se forment par transestérfication dans une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium comme phase intermédiaire avant la saponification (point 5 de la méthode ISO 5509:2000, point 5 de la méthode IUPAC 2.301).

Réactifs

- Méthanol avec 0,5% (m/m) d'eau
- Hexane pour chromatographie
- Hydroxyde de potassium, solution méthanolique d'environ 2 N

Matériel

Tubes à bouchon vissant (de 5 ml de capacité) avec un bouchon muni d'un joint de PTFE.
Pipettes graduées ou automatiques de 2 ml et 0,2 ml.

Mode opératoire

- Peser environ 0,1 g de la matière grasse de la graine de lin dans un Tube à bouchon vissant de 5 ml
- Ajouter 2 ml d'Hexane et agiter.
- Ajouter 0,2 ml de la solution méthanolique 2 N d'hydroxyde de potassium, boucher à l'aide du bouchon muni d'un joint en PTFE, bien fermer et agiter énergiquement pendant 01 mn.
- Laisser reposer jusqu'à ce que la partie supérieure de la solution devienne claire.
- Décanter la couche supérieure, qui est celle qui contient les esters méthylique
- La solution d'hexane est prête pour l'injection dans le chromatographe.

Il est conseillé de maintenir la solution au réfrigérateur jusqu'au moment de l'analyse chromatographique. Il n'est pas recommandé de stocker la solution pendant plus de 12 heures

2.2.7 Dosage des sucres

Pour le dosage des sucres, deux catégories de sucres ont été mis en évidence à savoir: les sucres totaux et les sucres réducteurs.

Mode opératoire

Avant de lancer les dosages, deux solutions Fehling A et B et les deux filtrats 1 et 2 de compositions suivantes ont été préparées:

Filtrat 1

- Peser 10g de l'échantillon dans un bécher de 100ml ;
- Ajouter 2,5ml d'acétate de plomb,
- Remplir jusqu'au 2/3 du volume de bécher avec l'eau distillée ;
- Agiter à plusieurs reprises et laisser reposer pendant 15min ;
- Ajuster avec d'eau distillée à 100ml ;
- Homogénéiser et filtrer sur un papier filtre et récupérer le filtrat.

Filtrat 2

- Prélever 50ml du filtrat 1 et ajouter 5ml d'HCl concentré ;
- Chauffer le mélange au bain marine à 70°C pendant 5 min ;
- Neutraliser avec NaOH (10N) en présence de phénolphtaléine à 1%.

2.2.7.1 Dosage des sucres totaux

Mode opératoire

- Prélever 5ml de la solution Fehling A et 5ml de la solution Fehling B;
- Ajuster jusqu'à 100ml avec l'eau de robinet;
- Chauffer le contenu jusqu'à ébullition durant 2mn ;
- Titrer par le filtrat 2 obtenu jusqu'à la disparition de la couleur bleue ;
- Ajouter 2 gouttes de bleu de méthylène jusqu'à ce que la coloration bleue soit remplacée par une coloration marron cuivrée ;
- Noter le volume de filtrat(2) V_2 .

Expression des résultats

La quantité des sucres totaux dans la prise d'essai est donnée par la formule suivante :

$$S_T = \frac{500}{V \times (V_2 - 0,05)} \times 10$$

Soit :

S_T : quantité des sucres totaux (g/100ml) ;

V : volume de la prise d'essai ;

V_2 : volume du filtrat(2) utilisé au titrage.

2.2.7.2 Dosage des sucres réducteurs

Mode opératoire

- Introduire 5ml de la solution Fehling A et 5ml de la solution Fehling B dans un bécher de 500ml ;

Matériels et méthodes

- Ajuster jusqu'à 100ml avec l'eau de robinet ;
- Chauffer le contenu jusqu'à l'ébullition durant 2mn ;
- Titrer par le filtrat 1 jusqu'à ce que la teinte bleue disparaisse ;
- Ajouter 2 gouttes de bleu de méthylène et continuer le titrage jusqu'à ce que la coloration bleue devienne rouge brique;
- Arrêter le titrage et noter le volume du filtrat 1 dépensé V_1 .

Expression des résultats

La quantité de sucres réducteurs estimée dans la prise d'essai est calculée selon la formule suivante :

$$S_R = \frac{240}{V \times (V_1 - 0.05)}$$

Soit :

S_R : quantité des sucres réducteurs (g/100ml) ;

V : volume de la prise d'essai (ml) ;

V_1 : volume du filtrat(1) utilisé au titrage.

2.2.8 Indice de gonflement

Principe

L'indice de gonflement est le volume en millilitre occupé par 1gramme de poudre, y compris le mucilage qui y adhère, qui a été mis à gonfler dans un liquide aqueux pendant 4 heures (Paris, 1976).

Mode Opérateur

- Introduire 1 g de poudre des graines de lin dans une éprouvette graduée à bouchon rodé, de 20 cm de hauteur sur 20 mm de diamètre.
- Humecter la poudre avec 1 ml d'alcool et ajouter 25 ml d'eau.
- Agiter énergiquement toutes les 10 min pendant 1 h.
- Laisser reposer pendant 3 h.
- Mesurer le volume occupé par la poudre.
- Effectuer 3 essais simultanément



Figure 3 : Indice de gonflement de la poudre des graines de lin

Expression des résultats

L'indice de gonflement est donné par la moyenne des 3 volumes déterminés selon l'équation ci-dessous.

Soit :

$$IG = (V1 + V2 + V3) / 3$$

IG : indice de gonflement ;

V1, V2 et V3 : volumes occupées par la poudre des graines de lin.

2.3 Dosage des substances bioactives

2.3.1 Extraction et dosage des mucilages

Les mucilages des graines de lin sont des polysaccharides qui gonflent en contact avec de l'eau, ils sont donc extraits selon la méthode de ??????????

Mode opératoire

- Peser 30g de la poudre des graines de lin dans 100ml d'eau distillée ;
- Chauffer à 50°C dans un bain marie pendant 96min ;
- Précipitation du filtrat avec 35ml d'éthanol
- Sécher à 40°C
- L'ajout de l'éthanol au décocté aqueux va permettre la précipitation des mucilages.



Figure 4 : aspect des mucilages de la graine de lin

Matériels et méthodes

Calcul du rendement

Les mucilages séchés à 40°C sont recueillis en poudre puis peser. Le rendement des mucilages est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rendement (\%)} = (\text{Mm}/\text{Mv}) \times 100$$

Mm : masse des mucilages obtenus(g).

Mv : masse de la matière végétale de départ(g)

2.3.2 Extraction et dosage des caroténoïdes

Les caroténoïdes sont extraits par la méthode de Sass- kiss et *al.* (2005) en utilisant un mélange de deux solvants.

Mode opératoire

- 20 ml du mélange (hexane / Acétone / éthanol) (2V : 1V : 1V) sont ajoutés à 0,5 g de la poudre des graines de lin.
- Agitation du mélange pendant 30 min.
- Récupération de la phase supérieure.
- 10 ml d'hexane sont ajoutés pour la 2^{ème} extraction,
- Le mélange des deux phases a été utilisé pour le dosage des caroténoïdes totaux par spectrophotomètre à 450nm

Courbe d'étalonnage des caroténoïdes

Mode opératoire

Préparation de la solution mère

- Passer 2 mg de carotène dans 10 ml d'éthanol
- Incuber 30min à l'ombre
- Mesure de la densité optique à 450nm ;

Préparation des dilutions

Les valeurs de la gamme d'étalonnage des caroténoïdes sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau I: Valeur de la gamme d'étalonnage des caroténoïdes

Dilution	S16	S36	S64	S128	S256	S512	S1024	S2048
Concentrations En mg /L	12,5	6,25	3,125	1,562	0,781	0,39	0,149	0,097

Les concentrations des caroténoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage utilisant la solution mère de β -carotène et les résultats sont exprimés en mg/100g de matière sèche.

2.3.3 Dosage des flavonoïdes

La méthode trichlorure d'aluminium $ALCL_3$ (Kosalec et *al.* 2004) a été adoptée pour quantifier les flavonoïdes dans les différents extraits obtenus.

Mode opératoire

Le diagramme ci-dessous montre les différentes étapes respectées pour doser les flavonoïdes des graines de lin.

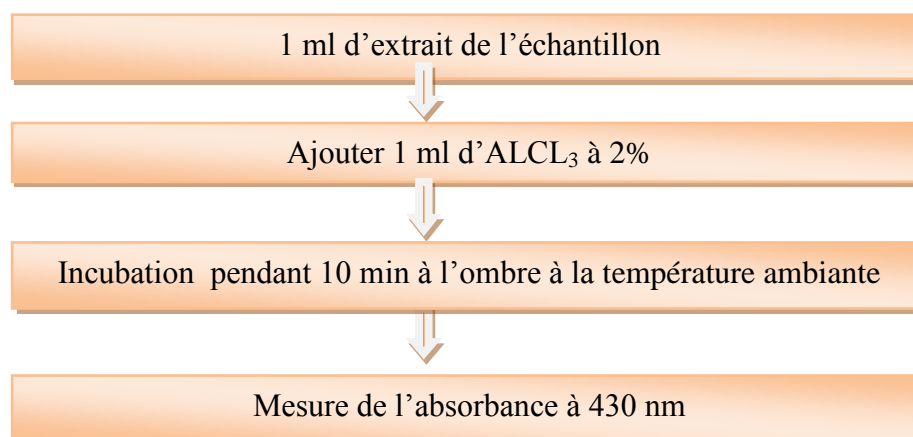


Figure 14 : Etapes de dosage des flavonoïdes (Kosalec et *al.* 2004)

Courbe d'étalonnage

La quantification des flavonoïdes a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire réalisée par la Quercétine à différentes concentrations (0,001-0,01 mg/ml) dans les mêmes conditions que l'échantillon.

Expression des résultats

La teneur en flavonoïdes est exprimée en milligramme d'équivalent de quercétine par gramme du poids sec de l'extrait.

2.4 Activité antioxydante

2.4.1 Principe du test de DPPH

Le test DPPH permet de mesurer le pouvoir anti radicalaire de molécules pures ou d'extraits végétaux. Il mesure la capacité d'un antioxydant (AH, composés phénoliques généralement) à réduire le radical chimique DPPH par transfert d'un hydrogène. Le DPPH de couleur violette se réduit en 2,2-diphényl -1- picryl hydrazine de couleur jaune en captant un atome d'hydrogène (Kim *et al.* 2002).

2.4.2 Préparation des extraits

L'ensemble des extraits préparés à base de la poudre des graines de lin et ses mucilages (Tableau 05) ont été soumis au test de DPPH afin d'évaluer leur activités anti oxydantes.

Tableau II : extraits utilisés dans le test de DPPH

Extraits aqueux	0,25 g de la poudre des graines de lin dans 10 ml d'eau distillée.
	0,25 g de mucilage des graines de lin dans 10 ml d'eau distillée
Extraits éthanoliques	0,25 g de la poudre des graines de lin dans 10 ml d'éthanol
	0,25 g de mucilage des graines de lin dans 10 ml d'éthanol
Extrait pure	Mucilage des graines de lin

2.4.3 Préparation du réactif DPPH

- Mélanger 80 ml de méthanol avec 20 ml d'eau distillée.
- Ajouter 0,004 g du réactif DPPH,
- Agiter et couvrir avec le papier aluminium.

Mode opératoire

- Ajouter 0,1 ml de chaque extrait dans 2,9 ml de DPPH préparé.
- Incuber à l'obscurité pendant 30 min.
- Mesurer de la densité optique à 517 nm.

Le protocole du test DPPH est présenté dans la figure 15.

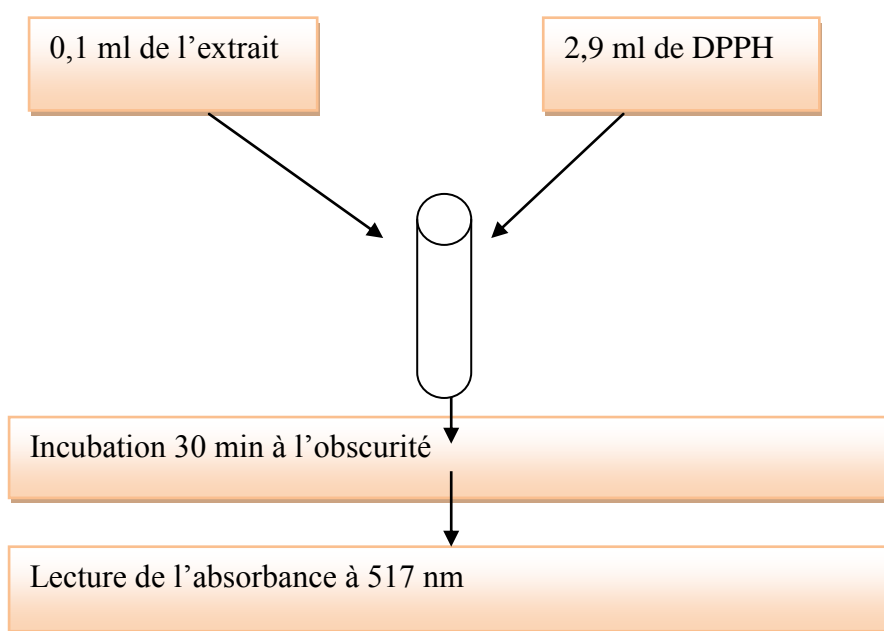


Figure 15 : Protocole du test du DPPH (Kim et al. 2002)

2.5 Activité antimicrobienne

L'évaluation de l'activité antibactérienne de nos extraits (extrait aqueux, extrait éthanolique, extrait pure) des graines de lin à été effectuée sur trois souches microbiennes : *Bacillus* 14579, et deux souches de *Staphylococcus aureus* (*S.aureus* M 450 et *S. aureus* ATCS 25923).

Principe

L'activité antibactérienne des extraits des graines de lin présentés dans le tableau VI a été effectuée par la méthode de diffusion sur gélose qui a le même principe que l'antibiogramme. L'activité antimicrobienne a été évaluée en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition produite autour des disques après la durée d'incubation à la température du germe testé.

2.5.1 Milieux de culture

Le milieu de culture utilisé est la gélose nutritive (GN) pour le repiquage des bactéries et la gélose Muller Hinton (MH) pour réaliser l'antibiogramme.

2.5.2 Préparation des extraits

Les extraits utilisés dans le test de l'activité antimicrobienne sont résumés dans le tableau VI.

Matériels et méthodes

Tableau III : Extraits utilisés dans l'activité antimicrobienne

Extrait aqueux	Macérer 0,25 g de la poudre de la graine de lin dans 10 ml d'eau distillée pendant 72 h à 04°C.
Extrait éthanolique	Macérer 0,25 g de la poudre de la gaine de lin dans 10 ml d'éthanol pendant 72 h à 04°C.
Extrait pure	Mucilage de la poudre de la graine de lin.

2.5.3 Préparation des disques

Des disques de papier Wattman de 6mm de diamètre ont été préparés et mis dans un tube à essai pour les stériliser dans un autoclave et les garder le jusqu'à l'utilisation.

2.5.4 Préparation des prés cultures

Les souches bactériennes à tester (*Bacillus* 14579, *S.aureus* M 450, *S. aureus* ATCS 25923) ont été cultivées dans des boites Pétri contenant de la gélose nutritive et incubées pendant 18 à 20 h à 37°C.

2.5.5 Standardisation des cultures bactériennes

A l'aide d'une pipette Pasteur, nous avons prélevé quelques colonies de chaque souche précultivée, bien isolées et parfaitement identiques et ont été mises dans 10 ml d'eau physiologique stérile. La suspension bactérienne est bien homogénéisée. La densité optique de chaque suspension a été mesurée à une longueur d'onde de 620 nm, l'absorbance doit être comprise entre 0,08 et 0,1 selon Benhammou et *al.* (2008).

2.5.6 Mise en évidence de l'activité antibactérienne par la méthode des disques

La méthode de diffusion à partir d'un disque a été utilisée pour mettre en évidence l'activité antimicrobienne (Benjelali et *al.* 1986).

Mode opératoire

- Les disques préparés ont été imbibés de 10 µl de chaque extrait.
- La gélose Muller-Hinton stérile a été coulée dans des boites de Pétri de 90 mm de diamètre jusqu'à une épaisseur de 4 mm puis laissées refroidir.
- Les boites de Pétri ont étéensemencées par des souches bactériennes isolées (*Staphylococcus aureus* M 450, *Staphylococcus aureus* ATCS 25923 et *Bacillus*

Matériels et méthodes

14579) par écouvillonnage à l'aide d'un écouvillon stérile, en tournant chaque fois la boîte environ 60° de telle sorte à assurer une distribution homogène des bactéries.

- A l'aide d'une pince stérile, les disques de papier filtre contenant les produits (les extraits et mucilages de la graine de lin) à tester ont été déposés à la surface de la gélose.
- Les boîtes ont été incubées dans une étuve de 37°C pendant 18 à 20 h.

L'activité antimicrobienne a été déterminée en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition produite autour des disques après la durée d'incubation à la température du germe testé.

Lecture

La lecture se fait par la mesure des diamètres des zones d'inhibition et peut être symbolisée par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis de l'extrait (Ponce et *al.* 2003) le tableau suivant représente les interprétations des diamètres des zones d'inhibition.

Tableau IV : Interprétation des diamètres des zones d'inhibition

Souche non sensible (-) ou résistante	diamètre < à 0,8 cm
Souche sensible (+)	diamètre compris entre 0,9 et 1,4 cm
Souche très sensible (++)	diamètre compris entre 1,5 et 1,9 cm
Souche extrêmement sensible (+++)	diamètre > à 2,0 cm

3 Elaboration des différentes formulations des desserts lactés

La préparation des desserts lactés a été réalisée à la maison en respectant le diagramme de fabrication d'un dessert lacté standard en faisant des substitutions de deux ingrédients (la poudre du lait et le gélifiant) par la poudre des gaines de lin.

3.1 Formule de référence

Pour 1L de lait on mélange 50g de la poudre du lait avec 130g de sucre, 23g d'amidon, 17g de poudre de cacao, 3% de gélifiant, 1,2g de sel fin et 1ml d'arome chocolat.

Formulations de desserts lactés élaborées

Cinq formulations des desserts lactés ont été préparées plus la formule de référence selon le tableau VIII.

Matériels et méthodes

Tableau V : Différentes formulations de desserts lactés élaborées.

F0 (F6)	Formule de référence
F 1	50g de la poudre des graines de lin 3% de gélifiant Sans cacao
F 2	25g de la poudre du lait 25g de la poudre des graines de lin 3% de gélifiant Avec cacao
F 3	50g de la poudre des graines de lin 3% de gélifiant Avec cacao
F4	50g de la poudre des graines de lin 1.5% de gélifiant Avec cacao
F 5	25g de la poudre du lait 25g de la poudre des graines de lin 1.5% de gélifiant Avec cacao

3.2 Etapes de préparation

La préparation des dessert lactés à base de la poudre des graines de lin comprend plusieurs étapes; elles peuvent être résumées comme suit ;

3.2.1 Préparation du mix

La poudre de lait, le sucre, la poudre de cacao, la poudre des graines de lin, l'amidon et le sel sont ajouté à 1L du lait et mélangés. Après 5 min d'agitation, le mélange est chauffé jusqu'à l'ébullition sous agitation manuelle.

3.2.2 Conditionnement

Le mélange a été conditionné dans des boites en plastique de 150 g.

3.2.3 Refroidissement et conservation

Les desserts élaborés ont été refroidis rapidement à température ambiante pendant 30 min, puis conservés dans un réfrigérateur à 4°C.

3.3 Analyses physico-chimiques des produits finis

Les analyses physico-chimiques effectuées sur les produits finis sont : la mesure du potentiel d'hydrogène (pH) et le dosage des flavonoïdes.

3.3.1 pH

Etalonner le pH mètre par une solution tampon, plonger l'électrode directement dans le pot de dessert ; les valeurs du pH sont lues sur le pH-mètre. A chaque détermination du pH, l'électrode est rincée avec l'eau distillée et séchée.

3.3.2 Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode du trichlorure d'aluminium $AlCl_3$ (Kosalec et al. 2004) dont 1ml de l'extrait du dessert est ajouté dans 1ml de la solution de trichlorure d'aluminium à 2%, le mélange a été incubé pendant 10min à l'ombre, une mesure de l'absorbance est ensuite effectuée à 420nm.

3.4 Analyse sensorielle

L'évaluation sensorielle des desserts lactés préparés a été réalisée le 14 juillet 2021 entre 9h et 11h par un panel de dégustateurs composé de 23 personnes (5 enseignants, 6 ingénieurs de labo et 12 étudiants) de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou aux quels nous avons demandé de se prononcer sur les propriétés des cinq formulations des desserts élaborés à savoir : l'odeur, le goût, la texture et la couleur.

L'évaluation organoleptique permet de chercher la similarité des produits par rapport au produit de référence qui permettra de donner un maximum d'informations sur les propriétés organoleptiques du produit fini.

Cette analyse est basée sur le test de classement de formulations avec une épreuve de notation sur une échelle de 4 points selon l'acceptabilité générale par ordre décroissant.

Les desserts à déguster sont présentés dans des pots codés. Chaque dégustateur est invité à déguster et noter le maximum d'appréciation sur une fiche de dégustation (voir annexe 05).

La formulation appréciée c'est celle qui représente le nombre maximum d'appréciations.

3.5 Analyse statistique

Les résultats de notre expérimentation sont soumis à une analyse de la variance à 1 critère de classification pour tous les paramètres du test organoleptique de nos échantillons de dessert lacté.

1 Résultats d'analyse phytochimique des graines de lin

Les résultats d'analyse phytochimique des graines de lin sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau I : Résultats d'analyse phytochimique des graines de lin

Substances phytochimiques	Résultats
Anthocyanes	-
Tannins	+
Tannins galliques	-
Flavonoïdes	+
Saponosides	-
Quinones libres	+
Quinones combinées	-
Alcaloïdes	+
Glucosides	+
Coumarines	+
Sennosides	-

(-) : Test négatif-, (+) : Test positif

L'analyse photochimique réalisée sur l'infusé des graines de lin a mis en évidence la présence de différents composés phytochimiques (Flavonoïdes, quinones libres, glucosides, coumarines, alcaloïdes et les tannins) et l'absence des anthocyanes, saponosides, et les quinones combinés.

Nos résultats sont similaires à ceux signalés par Alachaher et Tawheed et *al.* (2014) analysant l'extrait des graines de *Linum usitatissimum* contient les flavonoïdes, les glucosides, les alcaloïdes et les tannins.

L'extrait des graines de *Linum usitatissimum* L. est riche en composés bioactifs responsables de la variation d'activités biologiques voir l'activité antioxydante, antifongique, et antibactérienne.

2 Résultats d'analyses physico-chimiques des graines de lin

Les résultats de quelques paramètres physico-chimiques des graines de lin sont présentés dans le tableau X. Selon ce tableau, les graines de lin se caractérisent par une acidité de $21,87\% \pm 0,028$, un pH de $6,84 \pm 0,035$ proche de la neutralité, et un taux d'humidité de l'ordre de $7,7\% \pm 0,21$, ce dernier est similaire à celui avancé par le Commission Canadienne des Graines (2009) et proche à celui signalé par Tawheed et *al.* (2014) qui était de l'ordre de 7,82%,

Un taux de cendres de $3,46\% \pm 0,03$ proche à ceux rapportés respectivement par le Commission Canadienne des Graines (2009) (3,4%) et de Tawheed et *al.* en (2014) (3,8%). L'indice de gonflement est de $5,13 \pm 0,32$ ml, le gonflement des graines de lin en milieu humide se traduit par la richesse en mucilage.

Tableau II : Résultats des tests physico-chimiques des graines de lin

Paramètres	Résultats
Acidité (%)	$21,87 \pm 0,028$
pH	$6,84 \pm 0,035$
Humidité (%)	$7,7 \pm 0,21$
Cendres (%)	$3,46 \pm 0,03$
Sucres	Absence
Indice de gonflement (ml)	$5,13 \pm 0,32$

La composition en acides gras analysée par chromatographie en phase est présentée dans le tableau XI.

Tableau III : Composition et teneurs en acides gras de l'huile des graines de lin en (%)

Composition et teneurs en acides gras de l'huile de lin en (%)			
Acides gras	Dénomination	Huile des graines de lin commercialisée	Huile des graines de lin Extraite par Soxhlet
C14 :0	Acide Myristique	0.05	0.05
C16 :0	Acide palmitique	6.55	5.31
C16 :1 ω 7	Acide palmitoléique	0.05	0.05
C18 :0	Acide stéarique	5.06	4.84
C18 : 1 ω 9	Acide oléique	19.82	20.21
C18 : 2 ω 6	Acide linoléique	22.92	15.96
C18 : 3 ω 3	Acide linoléinique	44.75	52.69
C20 : 0	Acide Arachidique	0.21	0.13
C20 : 1	Acide gadoléique	0.14	0.28
C22 : 0	Acide Béhenique	0.21	0.10

L'analyse des résultats du profil d'acides gras montre que la majorité des teneurs en acides gras de l'huile des graines de lin extraite par soxhlet est très proche à celle de l'huile des graines de lin commercialisée.

En comparant, l'huile des graines de lin extraite par Soxhlet est moins riche en acide linoléique 15,96 % par rapport à l'huile des graines de lin commercialisée 22,92 % .

Par contre, l'huile des graines de lin extraite par Soxhlet est plus riche en acide linoléinique 52,69 % par rapport à l'huile des graines de lin commercialisée 44,75 %. Cette différence en composition en acides gras dépend aux variétés et aux lieux de culture des graines de lin (Lafond et *al.*, 2008)

3 Résultats du dosage des substances bioactives des graines de lin

Les résultats des substances bioactives sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV: Résultats des concentrations des substances bioactives des graines de lin

Résultats	Flavonoïdes (mg EQ /g d'extrait)	Caroténoïdes (mg EC/g d'extrait)
Concentrations	6,28	4,54

La concentration des flavonoïdes totaux de l'extrait des graines de lin est de 6,28 mg EQ /g d'extrait. La valeur trouvée est inférieure à celle rapportée par Bentoumi et *al.* (2019) (7,017 mg EQ /g d'extrait) ; cette petite différence pourrait être attribuée aux différentes variétés des graines de lin, à la température d'extraction ainsi qu'à la technique utilisée.

En comparant l'extrait des graines de lin est plus riche en flavonoïdes par rapport à l'extrait de des graines de *Nigella sativa* (3,80 EQ/mg). Cette différence en composés phénoliques notamment en flavonoïdes dépend des facteurs génétiques et extrinsèques, conditions climatiques, la récolte et les conditions de stockage (Amaral et *al.* 2010).

En outre, les caroténoïdes sont présents dans des graines de lin avec une teneur de 4,54 mg EC/g d'extrait. Ces composés sont connus par leur propriété anti oxydante protégeant le corps essentiellement des dommages oxydatifs des radicaux libres.

En effet, les caroténoïdes alimentaires consommés par les humains sont généralement obtenus à partir d'aliments de nature végétale, ils sont pertinents dans ces aliments non seulement en tant que source de vitamine A, mais également en tant que pigments naturels en formant un composé bénéfique pour la santé. Les sources les plus riches en caroténoïdes dans l'alimentation humaine sont des légumes et des fruits (Britton et khachik 2009). Nous pouvons conclure que, les graines de lin constituent une source plus riche en caroténoïdes.

En termes de mucilages, les graines de lin de *Linum usitatissimum* L. sont riches en ce type de polysaccharides (7,08% du mucilage). Cette valeur est comparable à celle trouvée par Alabdelli, (2017) qui a trouvé un rendement de l'ordre de 4,46 % et à celle de Mazza et Biliaderis, (1989) qui ont trouvé 9,4%. L'augmentation de la teneur en mucilage dépend de la température d'extraction d'une part et le temps d'extraction d'autre part (Mazza et Biliaderis, 1989).

4 Résultats de l'activité anti oxydante

Les résultats de l'activité anti oxydante sont présentés dans la figure suivante :

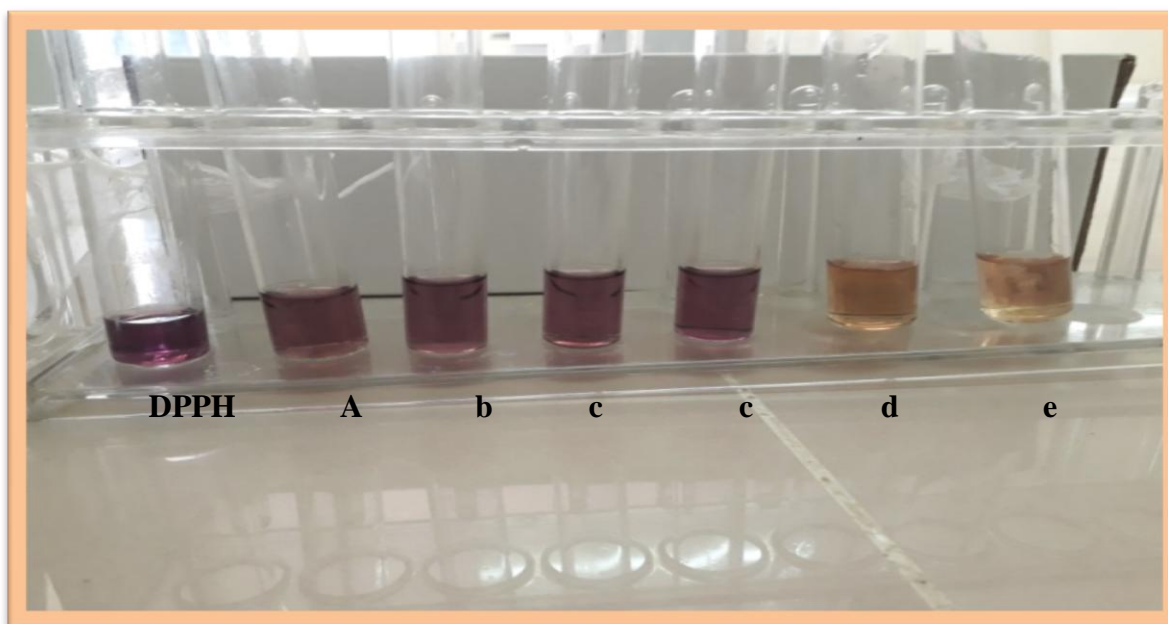


Figure 16 : Résultats du test DPPH

Le virage de couleur du violet au jaune (Fig 16) cela est du à la décoloration des réactifs impliqués dans la réaction en indiquant une activité élevée d'un antioxydant sur le radical DPPH.

En effet, la réduction du radical DPPH se traduit par un changement de couleur (violette en jaune pâle), ce changement est influencé par le type d'extrait (sa richesse ou pas en molécules bioactives) et la méthode d'extraction (l'ajout ou pas du solvant) (Meziti, 2009).

Notamment, le mucilage des graines de lin a une forte activité antioxydante (coloration jaune a été observée). En outre, nous avons constaté que l'extrait aqueux de ces graines présente aussi une forte activité anti-oxydante (Tableau XIII) qui est due à la disponibilité des composés phénoliques. En comparant nos résultats avec d'autres travaux réalisés sur l'activité antiradicalaire d'extraits des plantes (Mansouri et *al.*, 2005 ; Bet et *al.*, 2005 ; Samaniego sanchez et *al.* 2007) qui ont montré l'existence d'une corrélation entre le pouvoir antiradicalaire et la teneur en composés phénoliques et ces derniers sont reconnus comme des substances potentiellement antioxydantes ayant la capacité de piéger les espèces radicalaires.

Tableau V : Valeurs des % d'inhibition des différents extraits des graines de lin

Type d'extraits	Extrait (a) éthanolique	Extrait (d) aqueux	Mucilage pure	Extrait (b) aqueux de mucilage	Extrait (c) éthanolique de mucilage
(%) d'inhibition	Pas de réduction ; -48,95 ± 1,44	13,4 ± 2,96	15 ± 1,96	Pas de réduction ; -59,95 ± 0,35	Pas de réduction ; -59,75 ± 5,3

5 Résultats de l'activité antimicrobienne

Les résultats des tests de l'activité antimicrobienne montrent que l'ensemble extraits (aqueux et éthanolique) et le mucilage des graines de lin n'ont aucun effet inhibiteur vis-à-vis de toutes les souches (*S. aureus* ATCs 25923, *S. aureus* M 450, *Bacillus* 14579) testées.

L'absence de zones d'inhibition en testant ces souches est probablement due à la quantité testée (10 µl) qui est insuffisante pour inhiber ces souches résistantes. En outre, la richesse des extraits des graines en polysaccharides, protéines et en acides gras a aussi favorisé la croissance des souches bactériennes testées.

La méthode utilisée pour l'évaluation de l'activité antibactérienne pourrait être influencée aussi sur les résultats. Natarajan *et al.* (2005) et Fazeli *et al.* (2007) ont constaté que la méthode de diffusion à partir des puits sur gélose est plus adaptée pour l'étude de l'activité dans le cas des extraits aqueux et éthanolique, que la méthode de diffusion en milieu gélosé.

6 Résultats de préparation des desserts lactés à base de la graine de lin

Les desserts lactés préparés à base des graines de lin (F1, F2, F3, F4 et F5) et le dessert de référence F6 sont présentés dans la figure 17 :



Figure 17 : Différentes formulations des desserts lactés élaborés

6.1 Résultats d'analyses physico-chimiques des desserts lactés élaborés

L'histogramme suivant représente les différents pH et les résultats des flavonoïdes des différentes formulations des desserts lactés élaborés :

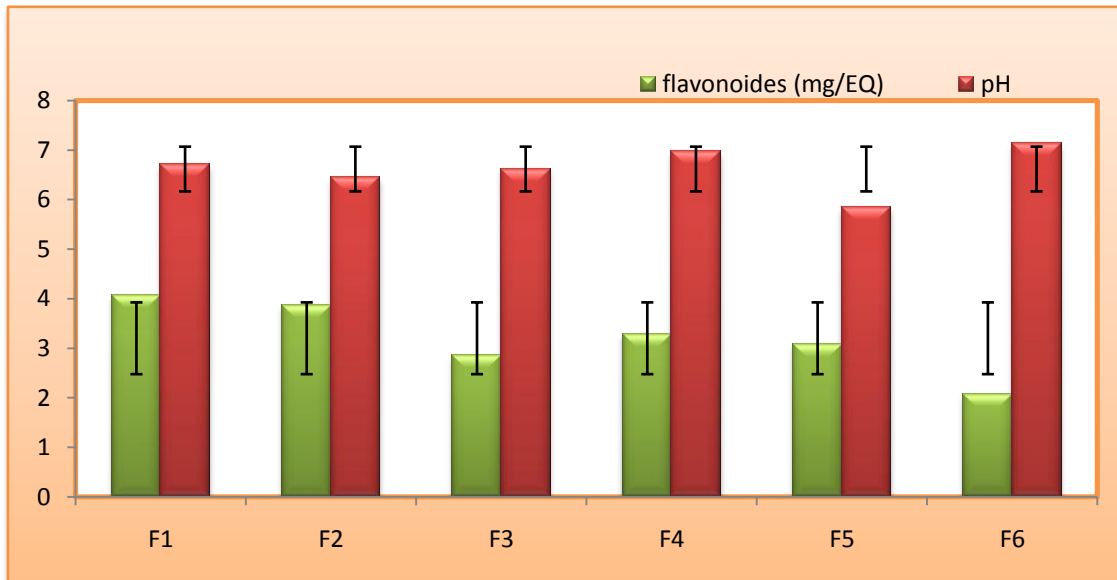


Figure 18 : Valeurs des flavonoïdes et de pH des desserts lactés élaborés

D'après l'histogramme de la figure 18 les valeurs du pH varient selon la quantité de la poudre des graines de lin incorporée. En effet, les formulations F1, F3 et F4 contenant 50g de la poudre des graines de lin présentent des valeurs de pH faibles en comparaison à celles des autres formulations (F2 et F5) contenant que 25g de la poudre des graines de lin.

Les desserts élaborés sont riches en flavonoïdes, ces composés sont doués des propriétés pharmacologiques (anti-oxydante et anti-inflammatoire). Nous pouvons conclure que, la formulation F1 du dessert lacté est la plus riche en flavonoïdes contenant 50g de la poudre de des graines de lin et sans cacao.

En général, les résultats obtenus sont conformes aux normes publiées dans le journal officiel de la République Algérienne (JORA) 1998, sur le lait et les produits laitiers.

6.2 Résultats d'analyse sensorielle des desserts lactés élaborés

6.2.1 Texture

Les résultats du test de dégustation du point de vue de la qualité de la texture des desserts élaborés sont illustrés dans la figure suivante :

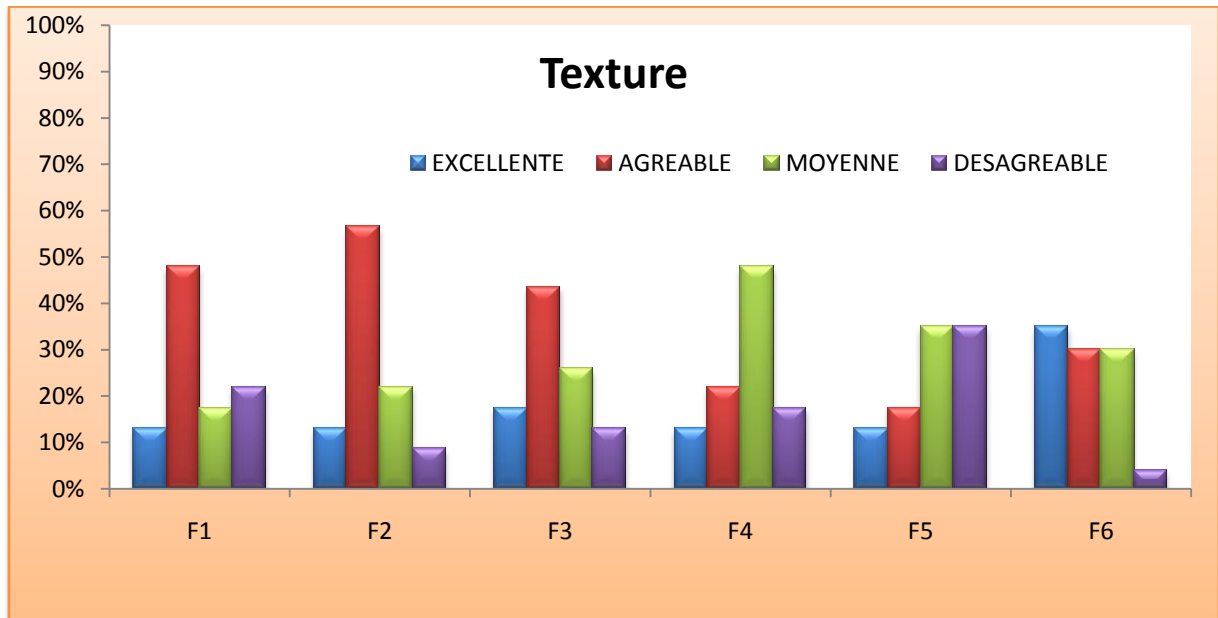


Figure 19 : Résultats du test de dégustation des desserts lactés du point de vue texture

D'après le graphe de la figure 19 nous remarquons 35% de dégustateurs ont apprécié la texture de la formulation F6 (la formulation de référence). Par ailleurs, les formulations F1, F2 et F3 qui contenait de la poudre des graines de lin sont appréciées par les dégustateurs avec une qualité moyenne, cela signifie que la poudre des graines de lin a un bon effet sur la texture de dessert lacté.

6.2.2 Goût

Le goût est un caractère sensoriel de jugement de la qualité du dessert lacté, il doit dépendre aux exigences du consommateur, les résultats de l'évaluation du goût sont présentés dans la figure 20.

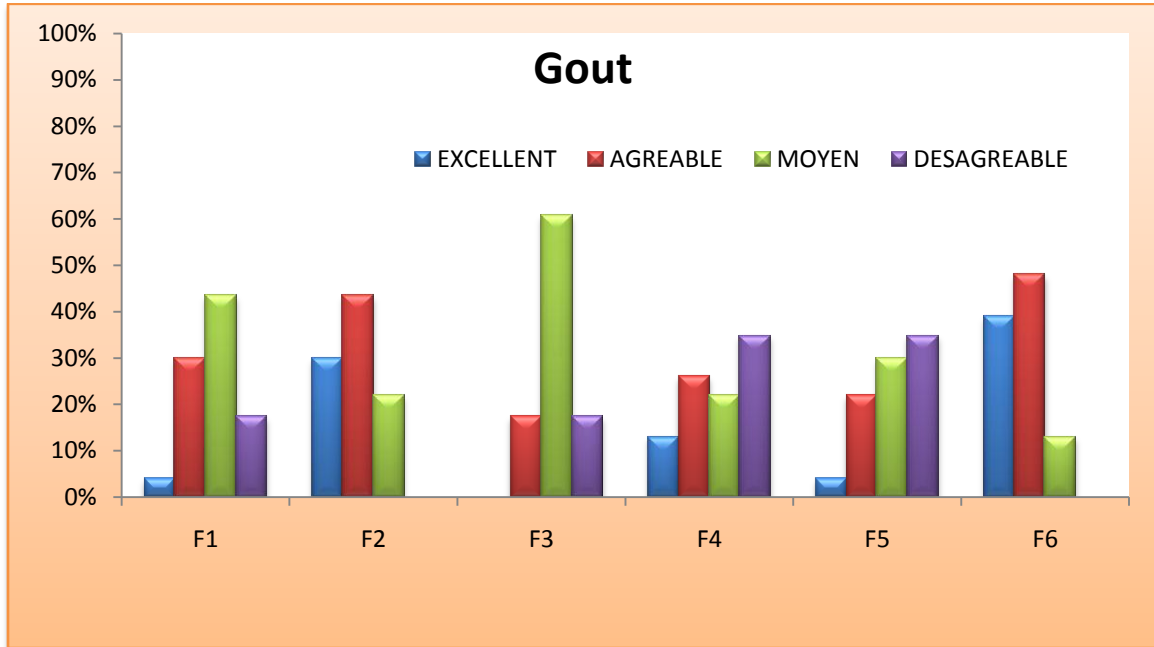


Figure 20 : Résultats du test de dégustation des desserts lactés du point de vue goût

D'après la figure 23, les formulations F6 et F2 sont plus appréciées par le panel de dégustateurs du point de vue goût avec une qualité excellente de (39% et 30%) respectivement. Tandis que, les formulations F4 et F5 sont les moins appréciées par les dégustateurs avec une qualité désagréable (34,8%) pour les deux formulations.

6.2.3 Odeur

L'odeur est un marqueur sensoriel caractéristique important dans les produits alimentaires, les résultats de l'évaluation de l'odeur des desserts élaborés sont illustrés dans la figure 21.

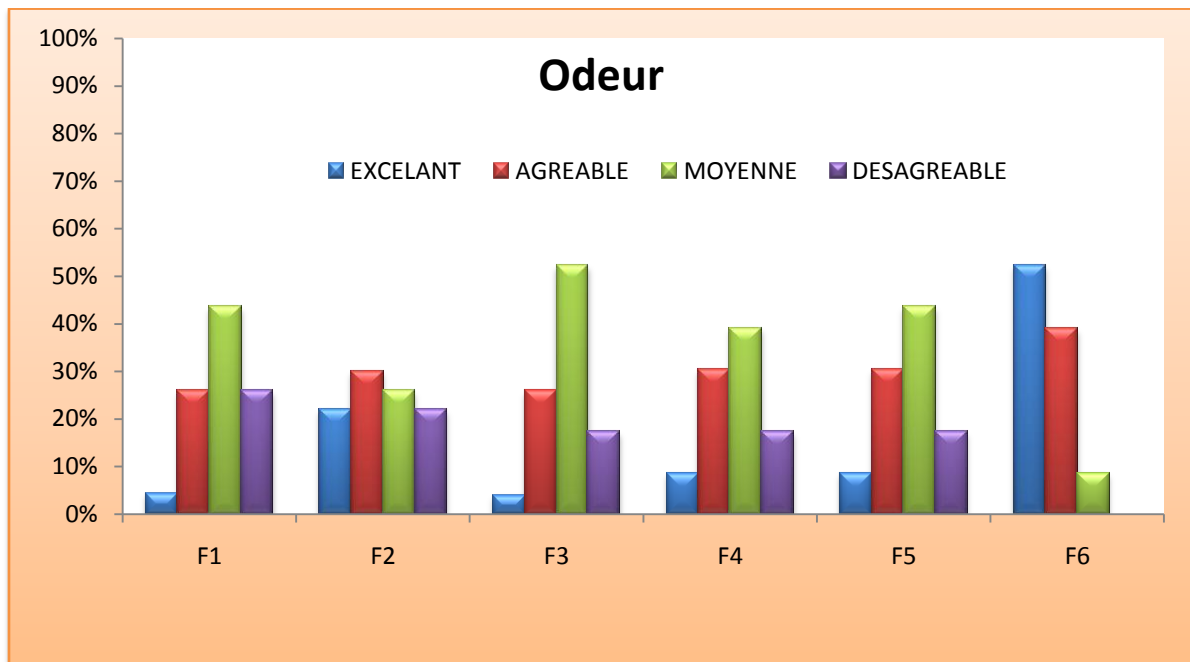


Figure 21 : Résultats du test de dégustation des desserts lactés élaborés du point de vue odeur

D'après la figure ci-dessus, nous constatons que l'odeur de la formulation F6 a été appréciée par les dégustateurs avec une fréquence excellente de 52%, suivie du dessert de la formulation F2. Ceci s'explique par le fait que la majorité des dégustateurs n'ont pas vraiment apprécié l'odeur de la poudre des graines de lin incorporée dans ce dessert lacté vu que la formulation la plus appréciée est celle de référence (ne contenait pas de poudre des graines de lin).

6.2.4 Couleur

La couleur est la première impression du dégustateur sur la qualité du dessert lacté, les résultats de l'évaluation de la couleur sont illustrés dans la figure suivante :

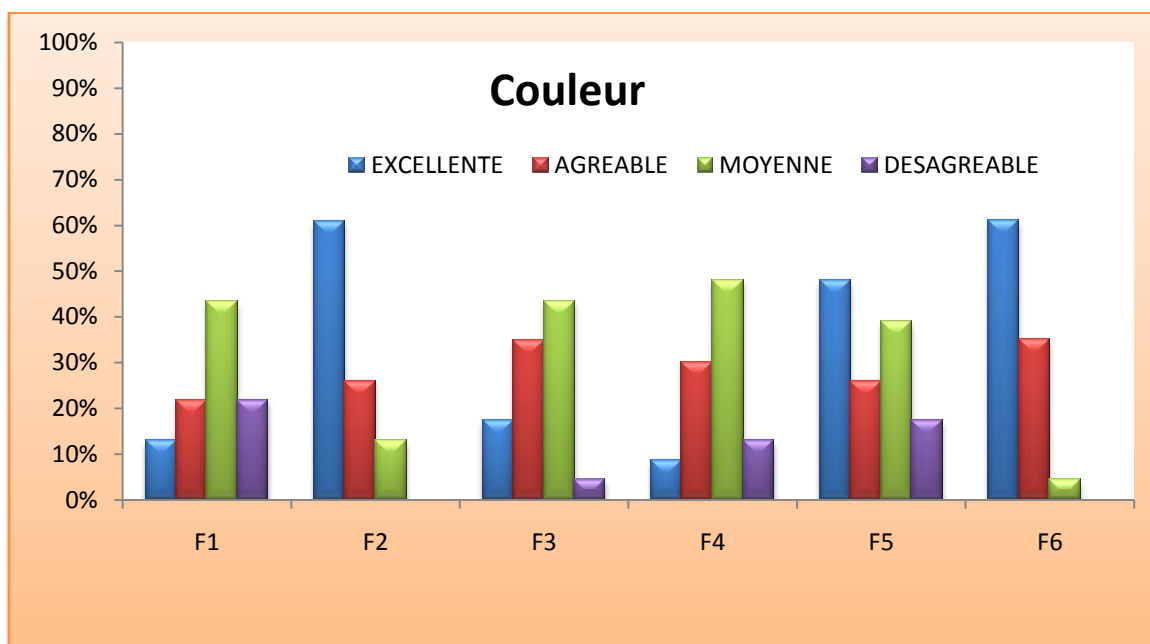


Figure 22 : Résultats du test de dégustation des desserts lactés élaborés du point de vue couleur

D'après le diagramme ci-dessus nous constatons que le panel de dégustateurs a apprécié la couleur du dessert lacté des deux formulations F2 et F6 qui sont presque identiques avec une fréquence de 61%, suivie de celle du dessert de la formulation F5 avec une fréquence de 48%. Cette couleur est une combinaison de la couleur brune de la poudre des graines de lin avec la couleur marron du cacao.

6.3 Résultats d'analyse statistique

Les résultats du test ANOVA des desserts lactés élaborés de point de vue odeur, couleur, goût et texture sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau VI: Résultats du test ANOVA / Odeur

	Df	ΣSq	Moy Sq	F value	Pr(>F)
Formulation	5	0.21	0.042	0.003	1
Résiduels	18	270.75	15.042		

Le test ANOVA à un seul facteur montre que la variable formulation n'a pas une influence significative sur l'odeur des desserts lactés élaborés avec une probabilité $Pr=1 > 5\%$.

Tableau VII: résultats du test ANOVA / Couleur

	Df	ΣSq	Moy Sq	F value	Pr(>F)
Formulation	5	0.0	0.00	0	1
Résiduels	18	392.5	21.81		

Le test ANOVA à un seul facteur montre que la variable formulation n'a pas d'influence significative sur l'appréciation de la couleur des desserts lactés élaborés avec une probabilité $Pr=1 > 5\%$.

Tableau VIII: résultats du test ANOVA/Goût

	Df	ΣSq	MoySq	F value	Pr(>F)
Formulation	5	0.0	0.00	0	1
Résiduels	18	332.5	18.47		

Le test NOVA à un seul facteur montre que la variable formulation n'a pas d'influence significative sur l'appréciation de goût des desserts lactés avec une probabilité $Pr=1 > 5\%$.

Tableau IX: résultats du test ANOVA / Texture

	Df	Σ Sq	Moy Sq	F value	Pr(>F)
Formulation	5	0.00	0.0	0	1
Résiduels	18	449.3	24.96		

Le test ANOVA à un seul facteur montre que la variable formulation n'a pas d'influence significative sur l'appréciation de la texture des desserts lactés avec une probabilité $Pr=1 > 5\%$.

On assiste actuellement à un regain d'intérêt pour les substances naturelles qui pourraient avoir des effets thérapeutiques et prévenir certaines pathologies humaines avec moins d'effets secondaires.

La graine de lin constitue un actif nutritionnel important en raison de sa composition bénéfique pour la santé humaine. L'étude de certaines propriétés biochimiques, biologiques et nutritionnelles des graines de *Linum usitatissimum* L. a été réalisée dans le présent travail.

Le screening phytochimique, nous a permis de mettre en évidence que les graines de *Linum usitatissimum* L. renferment plusieurs familles de composés naturels comme les flavonoïdes, les tannins, les coumarines et les quinones.

Les analyses physico-chimiques (acidité, pH, humidité, cendres, matière grasse et sucre) des graines de lin nous a conduits à trouver des valeurs proches de celles rapportées par la bibliographie.

En outre, les graines de lin sont riches en acides gras essentiels $\omega 3$ avec 52,69 % et $\omega 6$ avec 15,96 %

La détermination quantitative des substances bioactives (flavonoïdes et caroténoïdes) a montré que les graines de lin contiennent une teneur de flavonoïdes de l'ordre de 6,28mg EQ/g et de caroténoïdes de l'ordre de 4,54mg EC/g de matière sèche.

L'évaluation de l'activité anti oxydante a montré que l'extrait aqueux des graines de lin et leurs mucilages ont la plus forte activité anti oxydante.

S'agissant de l'activité antibactérienne des deux extraits éthanolique et aqueux et des mucilages des graines de lin, n'ont exprimé aucune activité contre les bactéries (*Bacillus 14579*, *S.aureus M450*, *S.aureus ATCS 25923*) testées.

Certains paramètres physico-chimiques (flavonoïdes et pH) et propriétés organoleptiques des desserts lactés préparés à base de la poudre des graines de lin ont été déterminés. Les résultats obtenus démontrent que les desserts élaborés ont une qualité physico-chimique acceptable par rapport aux normes et les desserts enrichis par la poudre des graines de lin ont une qualité organoleptique intéressante appréciée par les dégustateurs, notamment le dessert de la formulation F2 composée de cacao, 25 g de la poudre du lait, 25g de la poudre des graines de lin présente une meilleure qualité sensorielle en termes de goût, de texture et de couleur.

Les graines de lin sont riches en métabolites actifs, l'exploitation de leurs propriétés s'impose sur une recherche approfondie. A cet effet, nous souhaiterons

- Réaliser une analyse chromatographique pour isoler et identifier les molécules actives de ces graines.
- Compléter l'étude de l'activité anti oxydante et antibactérienne.
- Concernant le dessert, l'évaluation de l'effet de l'incorporation de la poudre des graines de lin sur la valeur nutritionnelle du dessert lacté est souhaitée.

A

Abudunia A-M (2018). The valorization of the flowers of *C. arvensis* thèse de doctorat Université de rébat Maroc.

A, Abidi ; S Bahri ; S Ben Khamsa J (2019). Caractéristiques phytochimiques et thérapeutiques du lin ou *LINUM USITATISSIMUM*: revue de la littérature.

Acket S, Blondiaux M, Bouton S, Pageau K, Pau-Roblot C, Lequart M, Marcelo P, Fournet F, Van Wuytswinkel O. (2011). Formation et structure du mucilage séminal chez le lin, Poster Réseaux Français des parois (6-8 juin), Lille.

Alachaher F-Z (2018). Effet de la supplémentation des graines de lin sur le profil lipidique et les statuts redox et inflammatoire thèse de doctorat université Ahmed ben Bella Oran Algérie.

Amaral J. S., Valentao p., Andrade P. B., Martins R.C &Seabra R. M. (2010). Phenolic composition of hazelnut leaves : Influence of cultivar, geographical origin and ripening stage. *Scientia horticulturae* 126(2), 306-313.

Anwar, F., Zreen, Z., Sultana, B., & Jamil, A. (2013). Enzyme-aided cold pressing of flaxseed (*Linum usitatissimuùm L.*) : Enhancement in yield, quality and phenolics of the oil. *Grasas y aceites*, 64(5), 463-471.

Attoumbré, J., Bienaimé, C., Dubois, F., Filiniaux, M. A., Chabbert, B., & Baltora-Rosset, S. (2010). Development of antibodies against secoisolariciresinol-application to the immunolocalization of lignans in *Linum usitatissimum* seeds. *Phytochemistry*, 71(17-18), 1979-1987.

B

Badiaga Mamadou (2012). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia* Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali, thèse de doctorat.

Bouguerra A. (2011). Etude des activités biologiques de l'huile essentielle extraite des graines de *Foeniculum vulgare* Mill. En vue de son utilisation comme conservateur alimentaire, p10.

Boukeria S. R. Mnasri, K. Kadi, A. Benbott, H. Bouguerria, K. Biri, W. Lazbbach. (2020). evaluation of the antibavterial and anticoagulant activities of *Linum usitatissimum* L. extract.

Bouras S, Briki S, Roubache I, (2019). Evaluation des effets biologique des plantes *Salvia officinalis* et *Linum usitatissimum* , mémoire de master , université de msila

Bloedon, L. T., & Szapary, P. O. (2004). Flaxseed and cardiovascular risk. *Nutrition Reviews*, 62(1), 18-27.

Blumenthal, M., Golberg, A., & Brinckmann, J. (2000). Herbal medicine. Expanded commission E monographs. Integrative Medecine Communications.

Britton, G. et F. 2009. Carotenoides dans les aliments. Dans carotenoides, éd. G. Britton, S. liaaen-jensen et H. pfander, vol. 5. Bâle, Boston, Berlin : Birkhauser Verlag.

Bruneton J. (2012). Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales (4^e éd.)

C

Carter, J. F. (1996). Sensory evaluation of flaxseed of different varieties. Proceedings of the 56th Flax Institute of the United States, 201-203

Casa R, Russell G, Cascio B. L, Rossini F. (1999). Environnemental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax different stand densities. *European journal of agronomy*, 11(3), 267-278.

Canadian Grain Commission (2009) Quality of Western Canadian flaxseed 2009, export quality data, July, 2009. Retrieved April 21, 2013

Chen M., Cheung F. W., Chan M. H., HUI P. K., Ip S. P., Ling Y. H., & Liu W. K., (2012). Protective roles of Cordyceps on lung fibrosis in cellular and rat models. *Journal of ethnopharmacology*, 143(2), 448-454.

Coskuner Y, Karababa E. (2007). Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum*.) *Journal of Food Engineering*, 78(3), 1067-1073.

D

Daun, J. K., Barthet, V. J., Chomick, T. L., & Duguid, S. (2003). Structure, composition, and variety development of flaxseed In: *Flaxseed in human nutrition*, By LU Thompson and SC Cunnae.

F

Fazeli, M. R, Amin, G., Ahamadian-Attari, M. M., Ashitiani, H., Jamalifar, H., Samadi, N. (2007). Antimicrobial activities of Iranian sumac and avishan-e shirazi (*Zataria multiflora*) against some food-borne bacteria. *Food Control*, 18: 646-649.

G

Gutierrez, L., Conejero, G., Castelain, M., Guénin, S., Verdeil, J. L., Thomasset, B., & Van Wuytswinkel, O. (2006). Identification of new gene expression regulators specifically expressed during plant seed maturation. *Journal of experimental botany*, 57(9), 1919-1932

H

Halligudi N. (2012). Pharmacological properties of flax seed : Review *Hygeia: journal for drugs and medicines*, 4 (2): 70-77.

Harborne JB (1973). phytochemical méthodes ,London.Chapman and Hall, Ltd ,;pop.49-188

Hocking P.J, Kirkegaard, J.A, Angus J.F. (1997). Comparaison of canola, Indian mustard and linola in two contrasting environment. I.Effects of nitrogen fertilizer on dry matter production, seed yield and seed quality. *Field Crops Research*, 49, 2-3.

Houmènou V, Adjatin A, Assogba F, Gbénou J, (2018). Etude Phytochimique et de cytotoxicité de quelques plantes utilisées dans Le traitement de la stérilité féminine Au Sud-Bénin, *European Scientific Journal* February edition Vol.14, No.6 ISSN: 1857 – 7881

J

Jeantet, R., Croguennec, T., Mahaut, M., Schuk, P., Brulé, G., (2008). Les produits laitiers. Ed : Lavoissier.Paris : 57p

K

Kadivar, M. (2001). Studies on Integrated Processes for the Recovery of Mucilage, Hull, Oil and Protein from Solin (low Linolenic Acid Flax) (Doctoral dissertation, University of Saskatchewan).

Kaithwas, G., Mukerjee, A., Kumar, P.Majumdar, DK. (2011). *Linum usitatissimum* (linseed/flaxseed) fixed oil: antimicrobial activity and efficacy in bovine mastitis, *InflammoPharmacology* 19: 45-52.

Katare, C., Saxena, S., Agrawal, S., Prasad, G. B. K. S., & Bisen, P.S. (2012). Flax seed: a potential medicinal food. *J Nutr Food Sci*, 2(1), 604-612.

L

Laiq Khan M, Sharif M, Sarwar Sameea M, Ameen M. (2010). Chemical composition of different varieties of linseed. *Pakistan Veterinary Journal*, 30(2), 79-82.

Leung YI. (2014). *Staphylococcus aureus encyclopédie de toxicologie (troisième édition)*.

Lubrano-Lavadera, A. S., Braesco, V., & Chanson-Rollé, A., (2014). Desserts lactés frais. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 50(2), 109-116.

M

Madeo Jennifer, Adeel Zubair et Frieri Marianne (2013). A review on the role of quinones in renal disorders , *SpringerPlus*, 2:139.

Ma W.G, Tan R.X, Fuzzati N, Li Q.S, Wolfender J.L, Hosttemann K. (1997). Natural occurring and synthetic polyne glycosides. *Phytochemistry*, 45(2), 411-415.

Malcolmson L. (2000). *Am Oil Chem Soc J*, 77:235-238.1. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine Dietary Reference Intakes for Vitamins the National Academies Press, Washington.8:860-865.

Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., Kefalas, P. (2005) Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemistry*. 89: 411-420.

Mazza, G., & Biliaderis, C. G., (1989). Functional proprieties of flax seed mucilage. *Journal of Food Science*. 54(5). 1302-1305.

Millam, S., Obert, B., &pret'ová, A. (2005). Plant cell and biotechnology studies in *Linum usitatissimum*-a review. *Plant cell, tissue and organ culture*, 82(1), 93-103.

Marrollo R. (2016). The diverse faces of *Bacillus cereus* P 1-13 science directe.

Martinchik, A N, Baturin A K, Zubstov w, Vlu Molofeev. (2012), Nutritional value functional properties of flaxseed, Sici 81(3): 4-10.

Meziti A. (2009). Activité antioxydante des extraits des grains de Nigella sativa L Etude in vitro et in vivo. Thèse de magister. Université d'El-haj Lakhdar Batna.

Moss, G . P. (2000). Nomenclature of lignans and neolignans (IUPAC Recommendations Pure and applied chemistry, 72(8), 1493-1523.

Muanda François Nsemi (2010). Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et études de leurs propriétés biologiques, thèse de doctorat

N

Natarjan, D., John Britto, S., Srinivasan, K, Nagamurugan, N., Mohanasundari, C., Perumal, G. (2005). Anti-bacterial activity of Euphorbia fusiformis-A rare medicinal herb. J. Ethnopharmacol., 102 : 123-126.

Nebit, P. D., Lam, Y., & Thompson, L. U. (1999). Human metabolism of mammalian lignin precursors in raw and processed flaxseed. The American journal of clinical nutrition, 69(3), 549-555.

O

Oomah, B. D. (2001). Flaxseed as a functional food source. Journal of Science of Food and Agriculture, 81 (9), 889-894.34

Oomah, B. D. (2003). Processing of flaxseed fiber, oil, protein, and lignin. Flaxseed in human nutrition, 2, 363-386.

Obame L,C (2009). Etude Phytochimique, Activités Antimicrobiennes et Antioxydantes de Quelques Plantes Aromatiques et Médicinales Africaines thèse de doctorat.

P

Poillot, M., (2011). Guide pratique. Transformer les produits laitiers frais à la ferme. (Eds) Educagri. P63-76.

Q

Qin, L., Xu S.-Y. & Zhang W.-B., (2005). Effect of enzymatic hydrolysis on the yield of cloudy carrot juice and the effects of hydrocolloids on color and cloud stability during ambient storage. *J. Sci. Food Agric.*, 85, 505-512

R

Rabetafika, H. N., Van Remoortel, V., Danthine, S., Paquot, M., & Blecker, C., (2011). Flaxseed proteins: food uses and health benefits. *International journal of science & technology*, 46(2), 221-228.

S

Samaniego-Sanchez, C., Gonzalez, A.M.T., Garcia-Parrilla, M. C., Granados, J.J.Q., Garcia de la Serrana, H. L., Martinez, M. C. L, (2007). Different radical scavenging tests in virgin olive oil and their relation to the total phenol conten. *Analytica Chimica Acta*. 593: 103-107.

Savoire R (2008). Etude multi-échelles de la separation solide-liquide dans la trituration du lin oléagineux, Thèse de doctorat (Université de Technologie, Compiègne), p11.

Sepulveda,E., Saenz,C., Aliaga, E., &Aceituno, C. (2007). Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *Journal of Afrid Environments*, 68(4), 534-545.35.

Syndifrais., (2012). Sécurité et Justice et l'élaboration d'un code européen de droit international privé.2(11) : 775-781.

V

Vaisey-Genser, M., & Morris, D. H. (2003). Introduction : history of the cultivation and uses of flaxseed. In *Flax* (pp. 13-33). CRC Press.

Venglat, P., Xiang, D., Qiu, S., Stone, S. L., Tibiche, C., Cram, D., & Bekkaoui, F. (2011). Gene expression analysis of flax seed development. *BMC plant biology*, 11(1), 1-15.

Y

Yougbaré-Ziébrou M.N., Ouédraogo N., Lompo M., Bationo H., Yaro B., Gnoula C (2015). Guissou Anti-inflammatory, analgesic and antioxidant activities of an aqueous extract of *Saba senegalensis* Pichon stems with leaves (Apocynaceae) Lavoisier SAS

Z

Žuk et al. (2011). Flavonoid engineering of flax potentiate its biotechnological application. *BMC Biotechnology* 11:10. *FSB XVII*

Références bibliographiques

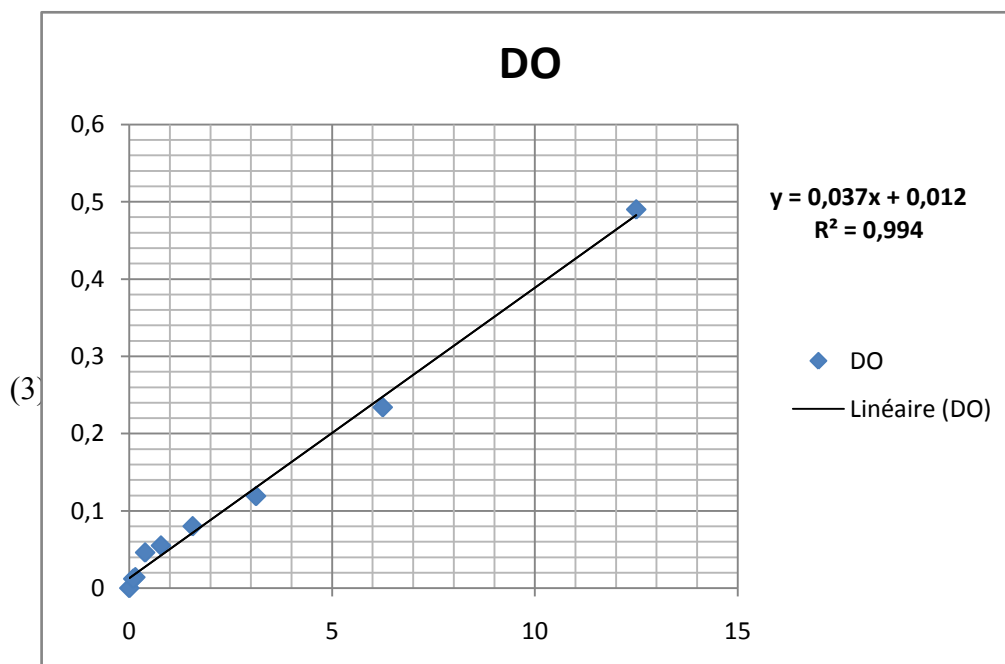
Zuk M., Prescha A., Stryczewska M. & Szopa J. (2012) Engineering Flax Plants To Increase Antioxydant Capacity and Improve oil Composition and Stability. *J. Agric. Food Chem*, 5003-5012.

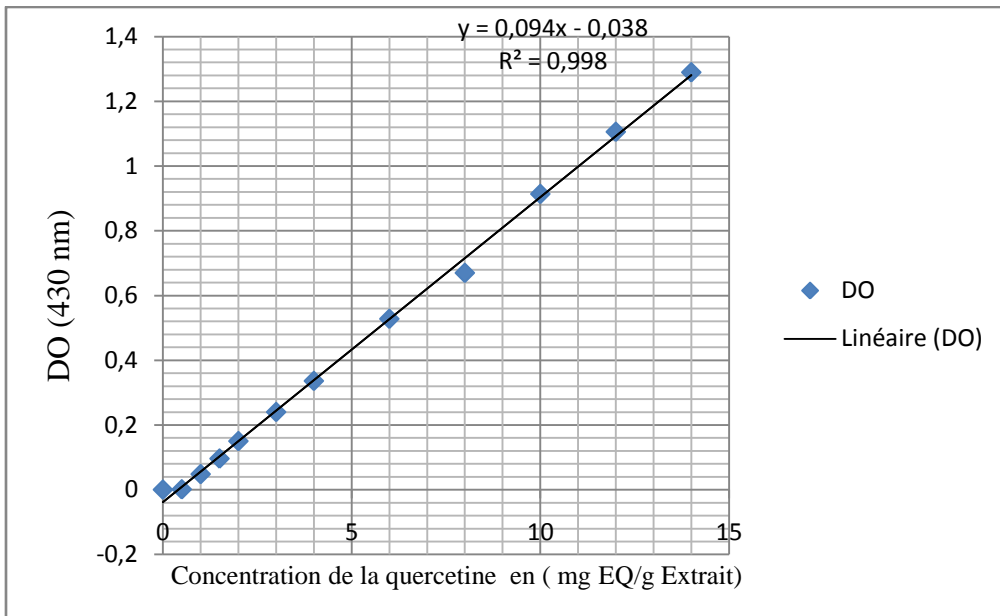
Annexes

Matériel utilisé

Les souches utilisées	Appareillage	Produits chimiques
Bacillus cereus 14579 Saphylococcus aureus S aureus ATCs 25923 S aureus M 450	Plaque chauffante Balance électronique Béchers Papier filtre Entonnoir Boite à pétri Tubes à essais Eprouvette Burette Support Erlenmeyer Pipette Pasteur Spatule Verre de montre Four Pasteur Four a moufle Micropipette Embout Ecouvillon	Eau distillée Ethanol Acétone Hexane Méthanol Réactif de Dragendorff Chlorure ferrique (FeCl3), hydroxyde de sodium (NaOH) Trichlorure d'aluminium (AlCl3) Permanganate de potassium (KMnO4) Acide chlorhydrique (HCl) Phénolphtaléine (C20H14O4), 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (Dpph) Acétate de plomb Chlorure de sodium (NaCl).

(2) Courbe d'étalonnage des caroténoïdes





(4) Résultats de l'activité antibactérienne

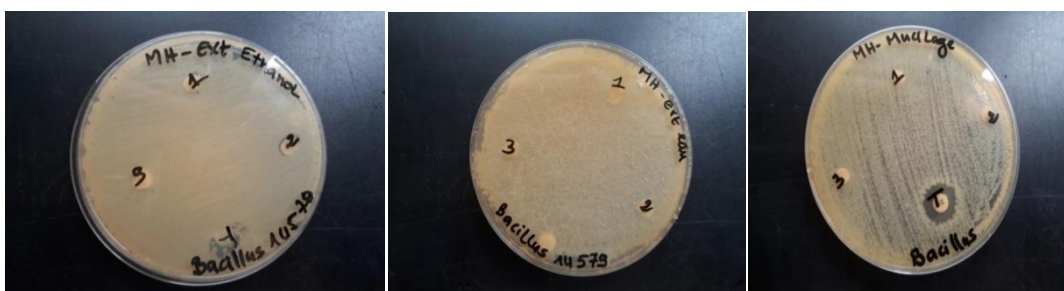
Résultats des extraits et de mucilages vis-à-vis de la souche *S. aureus* ATCs 25923



Résultats des extraits et de mucilages vis-à-vis de la souche *S. aureus* M450.



Résultats des extraits et mucilages vis-à-vis la souche *Bacillus* 14579



(5)Fiche de l'analyse sensorielle

Nom :

Prénom :

Age :

Formulation	Couleur	Odeur	gout	Texture
F1				
F2				
F3				
F4				
F5				
F6				

Excellent	1
Agréable	2
Moyen	3
Désagréable	4