

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة محمد بوضياف/المسيلة

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF DE M'SILA



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE ET BIOCHIMIE

MEMOIRE : MASTER ACADEMIQUE

FILIERE: BIOCHIMIE ET MICROBIOLOGIE

OPTION: NUTRITION ET SCIENCES DES ALIMENTS

Présenté par

LARABA Ahlem

HADJHAFSI Boutheyna

Thème :

***Effet d'incorporation de l'extrait aqueux des graines de lin
(Linum usitatissimum) sur la qualité physico-chimique,
microbiologique et organoleptique d'une crème dessert
produite au niveau de la laiterie EL HODNA-LAIT Algérie.***

DEVANT LE JURY :

Dr. BELBAHI Amine

Université de M'sila

Encadreur

Dr. AOUN Omar

Université de M'sila

Examineur

Dr. BOUAOUDIA-MADI Nadia

Université de M'sila

Examineur

Promotion : 2019-2020

Remerciements

Avant tout, Nous tenons à remercier Allah le tout puissant qui nous a donné la santé, le courage, la volonté et la patience de réaliser ce travail.

Je tiens avant tout à remercier le Dr. BELBAHI Amine qui m'a honorée en acceptant de diriger ce travail et pour son encadrement méthodique. Je lui adresse également ma gratitude pour son aide précieuse, ses conseils fructueux, son soutien continu et ses encouragements permanents. Merci de m'avoir guidée avec patience et d'avoir consacré autant d'heures pour les corrections de ce manuscrit

Je remercie très vivement tous les membres de l'unité SARL HODNA Lait (M'sila) et particulièrement monsieur LATRECHE Bilal qui nous a permis d'effectuer les analyses physicochimiques au niveau de l'entreprise.

Nous remercions les membres de jury d'avoir bien voulu accepter d'examiner ce travail, nous vous en sommes très reconnaissants, en espérant être à la hauteur de votre confiance.

Nous remercions également Dr. Aoun et Dr BOUAOUDIA-MADI pour l'honneur qu'ils nous ont réservé d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions également tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de notre mémoire.

À vous tous, un grand Merci.

Ahleam et Bouthayna

Dédicaces

*Tout au début, je tiens à remercier le bon dieu de m'avoir donné du courage et de patience
afin de réaliser ce modeste travail que je dédie à :*

*A ma très tendre maman et mon adorable papa, qui se soucient pour mon avenir et se
sacrifient pour mon bien être.*

*A mes très chers frères : Abd Elrachid , Ismail ,Farid, Mohamed, Rida et Youcefsans oublier
ses beaux et belles enfants.*

*A mes très chères cousines qui ont été toujours à mes côtés et que j'aime très fort :
Wafia, Manel, Bouchera et Maram.*

A mon binôme Bouthyna et à toute sa famille.

A toute la famille Laraba et Bakri.

*A mes très chères copines que j'aime très fort Bouthayna, ChahraZad et Karima je leur
souhaite un bon avenir.*

*Toute la promotion de nutrition et sciences des aliments sans exception et
à leur tête nos chers enseignants pour les sacrifices consentis pour nous permettre
d'acquérir le savoir.*

AHLEM.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui ont contribué de près

Ou de loin à sa réalisation et avant tout je remercie le dieu qui me donne le

Courage et patient pour continuer mon travail

Je cite en l'occurrence ma très tendre maman sans oublier mon adorable frère

Mohamed ma deuxième père qui se souvient pour mon avenir et se sacrifie

Pour mon bien-être et sa petite famille.

A ma très chère sœur qui ont été toujours à mes côtés et que j'aime très fort

Nadia, Sabah, karima, hanane, Meryam et leurs maris sans oublier ses beaux et belles enfants.

A la fleur de la maison mon partie de cœur Lila qui est toujours avec moi, que

Dieu ait pitié d'elle et ses cerises enfants salsabil et imade, belkasse.

A mon binôme Ahlem et à toute sa famille.

A mes très chères copines : Ahlem , ChahraZad, Meryam

Toute la promotion de nutrition et sciences des aliments sans exception et

à leur tête nos chers enseignants pour les sacrifices consentis pour nous permettre

d'acquérir le savoir.

BOUTYAYNA.

Résumé

Le présent travail a pour but de valoriser les graines de lin (*Linum usitatissimum*) dans la préparation d'un crème dessert au chocolat au niveau de l'entreprise HODNA-LAIT de Msila. Un gel visqueux a été extrait dans de l'eau bouillante à partir de graines de lin. Trois quantités de gel ont été incorporées en tant qu'agent de texture à des préparations de crèmes desserts avec ou sans amidon et gélifiant. La qualité physico-chimique, microbiologique et organoleptique des produits préparés ont été évalués. Cette évaluation a démontré que la qualité physico-chimique et hygiénique est acceptable par rapport aux normes. L'évaluation organoleptique des produits préparés a montré un crème dessert intéressant en terme de goût et de couleur. Cependant, il ne contient pas les propriétés gélifiantes pour un crème dessert mais plutôt les propriétés épaississantes pour un yaourt brassé.

Mots clés: *Linum usitatissimum* ; gel grain de lin ; crème dessert ; agent de texture.

Abstract

The aim of this work is to add value to flaxseeds (*Linum usitatissimum*) in the preparation of a chocolate dessert cream at the HODNA-LAIT company of Msila. A viscous gel was extracted into boiling water from flaxseeds. Various amounts of gel have been incorporated as a texturizing agent in dessert cream preparations with or without starch and gelling agent. The physicochemical, microbiological and sensory characteristics of the prepared products were evaluated. This assessment has shown that the physicochemical and hygienic qualities were in conformity with international standards. The organoleptic evaluation of the prepared products showed an interesting product in terms of taste and color. However, it does not have gelling properties for a dessert cream but rather thickening properties for a stirred yogurt

Keywords: *Linum usitatissimum*; flaxseed gel; dessert cream; texture agent.

ملخص

الغرض من هذا العمل هو تثمين بذور الكتان (*Linum usitatissimum*) في تحضير كريم حلوى الشوكولاتة. تم دمج مستخلص لزج (جل) من باستخدام البذور كعامل نسيج بكميات مختلفة. تم إجراء تقييم لتأثير دمج المستخلص اللزج لبذور الكتان (*Linum usitatissimum*) على الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والحسية للمنتجات المحضرة على مستوى الشركة HODNA-LAIT. أظهر تقييم تأثير دمج مستخلص بذور الكتان على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للمنتجات المحضرة أن الجودة الفيزيائية والكيميائية والصحية مقبولة بالنسبة للمعايير. يُظهر التقييم الحسي للمنتج النهائي أنها لا تحتوي على خصائص كريمة الحلوى، بل تحتوي على خصائص الزبادي المخفوق

الكلمات المفتاحية: كريم حلوى، عامل نسيج ، *Linum usitatissimum* ، جل بذور الكتان.

Sommaire

Resume
Abstract	IV
Sommaire	VI
Liste des tableaux	VIII
Liste des figures	IX
Introduction	1
Chapitre I. Étude bibliographique	2
1. Le lait	2
1.1. Définition	2
1.2. Composition	2
1.3. Propriétés physico-chimiques	3
1.4. Microbiologie et critères hygiéniques	3
1.5. Valeur nutritive du lait	4
2. Desserts lactés	5
2.1. Historique	5
2.2. Définition	5
2.3. Catégories des desserts lactés	5
2.4. Composition et valeur nutritionnelle	6
2.5. Conservation et microbiologie des DLF	6
2.6. La flore de contamination des desserts lactés	7
2.6.1. Flore d'altération	7
2.6.2. Flore pathogène	7
2.7. Additifs alimentaires de la crème dessert	7
3. Procédé de fabrication des DLF	9
3.1. Exemple de fabrication d'un dessert lacté	10
4. Présentation de Sarl Hodna-lait	12
4. Le lin	13
4.1. Généralités	13
4.2. Compositions de la graine de lin	14
4.3. Morphologie et microstructure des graines de lin.	14
4.4. Valeur nutritionnelle	16
4.5. Effet sur la santé	17
4.6. Utilisations de lin	18
4.7. Mucilage de la grain	18
4.7.1. Utilisation du mucilage en industrie alimentaire	18
4.7.2. Description du mucilage	18
4.7.3. Composition chimique de mucilage	19

Chapitre II. Materiel et methodes	20
1. Lieu de stage	20
2. Matériel végétal	20
3. Extraction liquide du gel des graines de lin.....	20
3.1. Nettoyage.....	20
3.2. Extraction par de l'eau bouillante.....	20
3.3. Filtration	21
4. Incorporation du gel extrait des graines de lin dans un crème dessert au chocolat.....	21
5. Méthodes d'analyses physico-chimiques des produits finis.....	23
5.1. Potentiel d'hydrogène pH.....	23
5.2. Détermination de la teneur en matière grasse (MG).....	24
5.3. Détermination du taux d'extrait sec total (EST).....	25
6. Méthodes d'analyses microbiologiques des produits finis	25
6.1. Préparation des échantillons	25
6.2. Dénombrement de la flore totale mésophile.....	26
6.3. Dénombrement des entérobactéries	26
6.4. Dénombrement des levures et moisissures	27
6.5. Dénombrement des Staphylocoques aureus	27
7. Évaluation de la qualité organoleptique des produits.....	28
8. Analyse statistique.....	28
Chapitre III. Resultats et discussions	29
1. Évaluation physico-chimiques des produits finis	29
2. Les analyses microbiologiques des produits finis	30
3. Évaluation organoleptique des produits finis et produit standard	30
Conclusion.....	33
Références	34

Liste des tableaux

Tableau 1. Composition globale du lait de vache (Lapointe et Vignola, 2002).....	2
Tableau 2. Les propriétés physicochimiques du lait (Lapointe et Vignola, 2002).....	3
Tableau 3. Composition des différentes catégories de desserts lactés frais (Oqali, 2013).	6
Tableau 4. Fonctions des agents de texture (Branger et Madeleine, 2009).	8
Tableau 5. Caractéristiques de certains agents de texture (Branger et Madeleine, 2009)	8
Tableau 6. Présentation des ateliers et leurs capacités de production de l'Hodna-lait.....	12
Tableau 7. Composition chimique (%) des grains de lin (Coskuner et Karababa, 2007).	14
Tableau 8. Composition de la graine de lin (Jennifer, 2015).	16
Tableau 9. Composition en sucre de mucilage de graines de lin extraite dans de l'eau à 100°C (Barbary et <i>al.</i> , 2009).	19
Tableau 10. Ingrédients de préparation de crème dessert au chocolat avec le gel des grains de lin (g/150 ml).....	23
Tableau 11. Les résultats des analyses physicochimiques des crèmes desserts préparés	29
Tableau 12. Résultats des analyses microbiologiques des produits finis	30

Liste des figures

Figure 1. Schéma de fabrication des principaux DLF (Anne-Sophie et al, 2015).	9
Figure 2. Diagramme de fabrication crèmes desserts à chaud chez Hodna-lait.....	11
Figure 3. Images de la fleur bleu (A), du fruit et de la graine (A) de lin (Helietal., 2007).	13
Figure 4. Gamme de couleurs des graines de lin (Dy bing et Lay, 1981).	15
Figure 5. Représentations schématiques (A), section longitudinale (B, C), et les assises cellulaires (en coupe transversale (D), en coupe longitudinale E) de la graine, avec les pourcentages massiques (*) des fractions (Daun et <i>al.</i> ,2003).	15
Figure 6. Diagramme de l'utilisation du lin (Laiq Khan et <i>al.</i> , 2010).	18
Figure 7. Structure générale des fractions neutres et acides du mucilage de graines de lin (Alix et al., 2008).	19
Figure 8. Photographie des graines de lin utilisées.	20
Figure 9. Extraction du gel par ébullition des grains de lin.	21
Figure 10. Filtrat obtenu de l'extraction par de l'eau bouillante.	21
Figure 11. Diagramme de préparation des trois préparations essai du crème dessert au chocolat avec le gel des grains de lin	22
Figure 12. Images des crèmes desserts obtenus pour les différents essais	31

Introduction

Pour bon nombre de populations du globe, le lait et ses produits dérivés représentent une source appréciable d'éléments nutritifs. Aussi, le commerce international des denrées à base de lait constitue une activité importante (CAP/RCP, 2004). L'Algérie est un pays de tradition laitière ; le lait et les produits laitiers occupent une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens, ils apportent la plus grande part de protéines d'origine animal (Senoussi, 2008).

Le lait et les produits laitiers occupent une place importante dans l'alimentation humaine, il se prête à de très nombreuses transformations et donne naissance à une multitude de produits laitiers qui sont au cœur de notre alimentation (Vilain, 2010). Au sein des produits laitiers, on distingue la catégorie de l'ultra-frais laitier, dont fait partie la crème dessert. Le succès de ces desserts lactés frais s'explique par l'image de santé, de forme et d'équilibre qu'ils véhiculent ; ils participent à une alimentation équilibrée et présentent d'une manière générale les mêmes qualités nutritionnelles que le lait (Jeantet *et al.*, 2008).

Les plantes comme leurs graines ont toujours été très largement utilisées par l'homme, d'abord comme sources alimentaires, et pour leur pouvoir thérapeutique sur la santé humaine. Le lin est considérablement employé dans le quotidien de la santé publique et énormément introduit en nutrition animale. Il n'est pas un nouvel aliment, il est l'un des plus anciens et peut-être, un des aliments originaux et précieux en raison de ses propriétés de guérison qui ont fait de lui une plante millénaire aux vertus médicinales. D'ailleurs, son nom latin « *Linum usitatissimum* » (lin de tous les usages) est amplement mérité (Tzang *et al.*, 2009). Le mucilage grains de lin a des nombreuses applications à la fois dans les industries agroalimentaires et dans pharmaceutique. Le mucilage est souvent utilisé comme stabilisant dans les boissons et est breveté comme ingrédient de texture dans les desserts laitiers (Qin *et al.*, 2005 ; Anttila *et al.*, 2008).

Ce travail rentre dans le cadre de la valorisation du fruit *Linum usitatissimum* ; en essayant d'incorporer un extrait aqueux à la formulation du crème dessert. Différentes quantités de gel extrait ont été incorporés en tant qu'agent de texture à des préparations de crèmes desserts avec ou sans amidon et gélifiant. La qualité physico-chimique, microbiologique et organoleptique des produits préparés ont été évalués.

Chapitre I. Étude bibliographique

1. Le lait

1.1. Définition

Le lait est le produit de sécrétion des glandes mammaires des mammifères, comme la vache. Du point de vue physicochimique, le lait est un produit très complexe. Une connaissance approfondie de sa composition, sa structure et de ses propriétés physiques et chimiques est indispensables à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels (**Lapointe et Vignola, 2002**). Pour l'alimentation humaine, le lait est un produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires. Le lait peut être commercialisé en l'état mais le plus souvent après avoir subi des traitements de standardisation lipidique et d'épuration microbienne pour limiter les risques sanitaires et assurer une plus longue conservation (**Jeanet, 2008**).

1.2. Composition

L'évolution des processus technologiques, des techniques de conservation et de distribution a permis l'élaboration d'une large gamme de « laits de consommation » qui se distinguent par leur composition, leur qualité nutritionnelle, leur goût et organoleptique et leur durée de conservation. Du point de vue physicochimique, le lait est un produit très complexe. (**Guiraud, 2003**). Le lait contient principalement de l'eau, des protéines, des graisses, du lactose, des sels minéraux et des vitamines. Comme exemple, le tableau 1 présente la composition globale d'un lait de vache.

Tableau 1. Composition globale du lait de vache (**Lapointe et Vignola, 2002**).

Constituants majeurs	Variations limites (%)	Valeur moyenne (%)
Eau	85,5 – 89,5	87.5
Matière grasse	2,4 – 5,5	3.7
Protéines	2,9 – 5,0	3.2
Glucides	3,6 – 5,5	4.6
Minéraux	0,7 – 0,9	0.8

Une connaissance approfondie de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physique et chimique est indispensables à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels (**Lapointe et Vignola, 2002**).

1.3. Propriétés physico-chimiques

Le lait est un liquide opaque, blanc mat ou blanc jaunâtre, quelque fois légèrement bleuté, d'une odeur sui generis, variable d'ailleurs suivant les espèces et certaines conditions. Sa saveur est légèrement sucrée (**Paul-Jean-Lucien Langlois, 2013**).

Tableau 2. Les propriétés physicochimiques du lait (**Lapointe et Vignola, 2002**)

Caractères	Variation limite	Valeur moyenne
Acidité (% en eq. acide lactique)	0,13 à 0,17	0,15
Densité à 15C°	1,028 à 1,035	1,032
Point d'ébullition (C°)	/	100,5
Point de congélation (C°)	- 0,530 à - 0,575	- 0,555
pH	6,6 à 6,8	6,7

1.4. Microbiologie et critères hygiéniques

Le lait et les produits laitiers peuvent contenir des micro-organismes pathogènes pour l'homme et être des agents de transmission de maladies contagieuses. Ces germes dont les origines sont variées (mamelle, environnement, homme... etc.) peuvent être à l'origine de toxi-infections alimentaire en infectant l'organisme des consommateurs. (**Jeantet et al., 2008**). Les micro-organismes du lait sont répartis, selon leur importance, en deux grandes classes :

a. Flore indigène ou originelle.

Lorsque le lait provient d'un animal sain et qu'il est prélevé dans des conditions aseptiques il devrait contenir moins de 5000 UFC/ml. La flore indigène des produits laitiers se définit comme l'ensemble des micro-organismes retrouvé dans le lait à la sortie du pis. Ces micro-organismes, plus ou moins abondants, sont en relation étroite avec l'alimentation, la race et d'autres facteurs. Les genres dominants de la flore indigène sont principalement des micro-organismes mésophiles, les principaux micro-organismes indigènes sont *Lactobacillus*, *Stréptococcus* ...etc. (**Larpent, 1996**).

b. Flore de contamination.

La flore de contamination est l'ensemble des micro-organismes ajoutés au lait, de la récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène capable de provoquer des malaises chez les personnes qui consomment ces produits laitiers. L'ensemble des microorganismes qui s'ajoute au lait extrait du pis de vache, sont considérés comme une flore de contamination d'altération et pathogène, les principaux microorganismes de contamination sont *Clostridium* sp, *Staphilococcus aureus*...etc. (Guiraud, 2004).

1.5. Valeur nutritive du lait.

Le lait est l'aliment complet connu à l'état naturel du fait qu'il contient des quantités significatives de nutriments essentiels (les acides aminés essentiels, les lipides, le lactose, le calcium, le phosphore et d'autres sels minéraux et les vitamines); en regard de son contenu en énergie métabolisable, le lait est considéré comme aliment de forte densité nutritionnelle (Amiot et al, 2002). Les éléments les plus importants qu'on trouve dans le lait (Jeantet et al., 2008) :

- a. Vitamines.** D'une manière générale, le lait ne permet pas de satisfaire tous les besoins vitaminiques. Il existe des laits sur le marché à teneur garantie en vitamines. Ce sont surtout les vitamines A, B1, et B2, qui constituent la valeur nutritive du lait, leur consommation protège l'individu des syndromes de déficience vitaminique.
- b. Lactose.** Le lactose est un constituant majeur de la matière sèche du lait. Il favorise l'assimilation du calcium et de la matière azotée.
- c. Protéines.** La composition du lait en acides aminés est voisine de celle de l'œuf (produit de référence). Il contient 8 à 10 acides aminés essentiels dont principalement la lysine, la thréonine, l'histidine, particulièrement indispensable chez le nourrisson, et la méthionine chez les personnes âgées. Le lait est donc le complément idéal des céréales.
- d. Minéraux.** Le lait et les produits laitiers sont les principales sources alimentaires de calcium et phosphore, pour lesquels ils couvrent plus de moitié de nos besoins journaliers. Ce sont des éléments plastiques intervenant dans l'ossification, et leur apport est crucial pour les sujets jeunes et âgés. Le lait apporte de nombreux minéraux.

Les plus importants sont : le calcium ($1,2 \text{ g. L}^{-1}$), le phosphore ($0,9 \text{ g. L}^{-1}$) et le potassium ($1,5 \text{ g. L}^{-1}$).

- e. **Matière grasse** : La consommation de la matière grasse laitière est indispensable dans l'alimentation elle fournit 48% de la valeur énergétique du lait entier. Ces lipides d'origine laitière ne soulèvent pas d'objection particulière sur le plan nutritionnel.

2. Desserts lactés

2.1. Historique

Les desserts lactés frais sont d'abord été des préparations traditionnelles ou familiales à base de lait. Au début du XXe siècle, les techniques de conservation s'améliorent (pasteurisation, appertisation) et de nouveaux produits apparaissent, en particulier les desserts lactés en boîte appertisée qui ne répondent donc pas encore au critère du *frais*. Le développement et la généralisation de la conservation par le froid dans la deuxième moitié du XXe siècle, grâce aux réfrigérateurs domestiques et aux rayons frais des grandes surfaces, permettent le développement des desserts lactés frais (DLF). Aujourd'hui, la maîtrise des technologies de fabrication variées autorise la production d'une gamme très riche de ces desserts, alliant savoir-faire et innovation, et proposant une grande variété de goûts, de textures et de présentations (**Lubrano-Lavadera *al.*, 2014**).

2.2. Définition

Contrairement aux laits fermentés, aux fromages blancs et à la crème fraîche, il n'existe pas de texte réglementaire qui définisse précisément la composition des DLF. En revanche, certaines caractéristiques sont établies par le code de bonnes pratiques de la profession (**Syndifrais, 2012**).

Les DLF peuvent être définis comme des préparations fabriquées à partir des matières premières laitières qui entrent dans leur composition pour au moins 50%, auxquelles on a ajouté d'autres ingrédients (sucre, arômes, caramel, café, chocolat, etc.) et des additifs (tels gélifiants etc.) et ne bénéficiant pas d'une protection acide ; pour les stabiliser, ils subissent un traitement thermique de cuisson, pasteurisation ou stérilisation (**Christine Raiffaud et al 2017**). En pratique, la plupart des DLF ont en ingrédients laitiers 60 à 75% et par fois plus (**Lubrano-Lavadera *et al.*, 2015**).

2.3. 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) (**Brangeret Madeleine, 2009**).

- **Dessert gélifiés.** Les desserts gélifiés sont préparés à partir de lait entier, partiellement écrémé ou écrémé, pasteurisé ou stérilisé. Ils sont obtenus en ajoutant au lait du sucre, des épaississants et/ou des gélifiants (dans la limite de 2 % en poids de produit fini), du lait en poudre et des colorants (**Ducarre, 2011**).
- **Crèmes desserts.** Les crèmes desserts sont préparées à partir de lait entier, partiellement écrémé ou écrémé, pasteurisé ou stérilisé. Ils sont obtenues en ajoutant au lait des matières sucrantes, épaississantes, gélifiantes, aromatisants et éventuellement de la crème (**Ducarre, 2011**).
- **Les desserts foisonnés ou mousses.** Ils sont des produits à base de lait additionné de matières sucrantes, de matières aromatisants, œufs et crèmes, l'obtention de leur texture repose sur l'utilisation des agents de texture (gélifiants, épaississants) et éventuellement agents de foisonnement (**Brangeret Madeleine, 2009**)

2.4. Composition et valeur nutritionnelle

Les desserts lactés sont de produits laitiers ; même s'ils contiennent d'autres ingrédients que le lait (sucre, œufs, épaississants...), la part du lait reste toujours importante : plus de 75% dans la majorité des cas, jamais moins de 50% ; ils assurent un bon apport de protéines et de calcium (**Paillot, 2011**).

Tableau 3. Composition des différentes catégories de desserts lactés frais (**Oqali, 2013**).

Types de DLF	Énergie (kcal)	Lipides (g)	A. gras saturés (g)	Glucides (g)	Calcium (mg)
DLF types crèmes desserts, flans, laits gélifiés et liégeois	79-210	0.5-13	0.4-6.2	13.5-28.3	120-208
Crèmes desserts seules	93-224	2.4-13.4	1.6-8.6	14.6-28.6	84-144
DLF allégés et/ou édulcorés	55-146	0.0-5.3	0.0-3.5	8.5-20	120-146
DLF à base de céréales	108-159	0.6-5,4	1.0-2.8	16.9-30.9	63-63

2.5. Conservation et microbiologie des DLF

Les DLF ne sont protégés ni par la flore lactique, ni par l'acidité qui résulte de la

fermentation, contrairement à d'autres produits de la catégorie de l'ultra-frais laitier comme les yaourts et laits fermentés. En conséquence, des contrôles bactériologiques stricts sont effectués. De plus, la maîtrise des différents traitements thermiques (pasteurisation et stérilisation) est exigée pour la conserver et garantir l'innocuité des produits (**Lubrano-Lavadera *al.*, 2014**). Le contrôle microbiologique consiste à rechercher des microorganismes dangereux et le niveau de la flore totale tolérable. Les résultats sont comparés aux critères microbiologiques qui sont établis par des commissions de spécialistes au sein d'organismes nationaux ou internationaux et souvent repris par les différentes législations (**Guiraud et Rosec, 2004**).

2.6. La flore de contamination des desserts lactés

La flore contaminante est l'ensemble des microorganismes qui se trouvent dans le lait, de la collecte jusqu'à la consommation ; elle peut se composer d'une flore d'altération et d'une flore pathogène (**Lamontagne *et al.*, 2010**).

2.6.1. Flore d'altération

Flore d'altération est constituée de microorganismes qui causent des défauts sensoriels (goût, arômes, apparence et texture) et réduisent la comestibilité des desserts lactés. Parfois, certains microorganismes d'altération peuvent aussi être pathogènes. Les principaux genres identifiés sont *Pseudomonas sp.*, *Proteus sp.*, *Bacillus sp.*, coliformes (entérobactéries, coliformes totaux, coliformes fécaux) et certaines levures et moisissures (**Guiraud, 2003**).

2.6.2. Flore pathogène

Flore pathogène est constituée de microorganismes pathogènes associés aux produits laitiers capables de provoquer des problèmes sur la santé des consommateurs. On peut citer principalement : *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum* et *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Shigella sonnei* et certaines moisissures (**Lamontagne *et al.*, 2002**).

2.7. Additifs alimentaires de la crème dessert

Les additifs qui jouent un rôle important sur la stabilité physique et la texture de la crème dessert sont les agents de texture (gélifiants, émulsifiants, épaississants) ; les arômes et les colorants jouent un rôle sur le goût, la saveur et la couleur (**Guion, 1998**). Les agents de texture sont regroupés sous les termes d'épaississants, émulsifiants et gélifiants. Les fonctions

de ces agents de texture sont résumés dans le tableau 5 et les caractéristiques de certains produits utilisés pour leur propriétés sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 4. Fonctions des agents de texture (Branger et Madeleine, 2009).

Agent de texture	Fonction	Conséquence
Émulsifiants	Adsorption à l'interface entre phase aqueuse et phase lipidique, qui diminue la coalescence molécules amphi-polaires.	Stabilisation de l'émulsion
Épaississants	Gonflement des molécules par hydratation	Augmentation de la viscosité
Gélifiants	Formation d'un réseau tridimensionnel, dans les mailles au quel se logent d'autres molécules ou la phase continue (eau)	Formation d'un gel

Parmi les agents texturants mis en œuvre dans la fabrication des desserts lactés, nous pouvons citer (Jeantet et al, 2008) :

- Amidons et dérivés exploités pour leurs propriétés épaississantes.
- Gommés comme les xanthanes, caroube, guar, gomme arabique qui ont des propriétés épaississantes mais aussi gélifiantes.
- Les carraghénanes qui sont des hydro-colloïdes naturels extraits de certaines algues rouges. Ils forment un gel en milieu aqueux à des concentrations de 0,1 à 0,5 % , en présence de calcium et de potassium. En enrobant les micelles de caséines, ils freinent le mouvement de celles-ci en les empêchant de fusionner et en augmentant la viscosité du milieu.

Tableau 5. Caractéristiques de certains agents de texture (Branger et Madeleine, 2009)

Origine	Nom	Rôle
Grains	Amidon modifié	Gélifiant, épaississant
	Caroube, Guar	Gélifiant, liant
	Pectine	Liant, stabilisant
	Dérivés de cellulose	Épaississant, gélifiant
Algues	Alginates	Épaississant, gélifiant
	Carraghénanes	Épaississant, gélifiant
	Agar- Agar	Gel
Microorganismes	Xanthanes	Épaississant
Origine animale	Gélatine	Gélifiant
	Poudre de lait /lactose	Texturant, émulsifiant

3. Procédé de fabrication des DLF

La maîtrise des techniques de fabrication permet de produire une gamme très diversifiée qui va des desserts classiques aux produits les plus complexes combinant parfois plusieurs technologies dans un même produit (Lubrano-Lavadera et al., 2014). D'un dessert à l'autre, selon la recette et la texture souhaitées, les techniques de fabrication diffèrent et sont à l'origine de la spécificité du produit. La fabrication nécessite plusieurs étapes (Figure 1) : préparation du mix, mélange des ingrédients (lait, agents de texture, sucre, arômes), traitement thermique, homogénéisation, stérilisation et enfin refroidissement et le conditionnement (Jeantet et al, 2008).

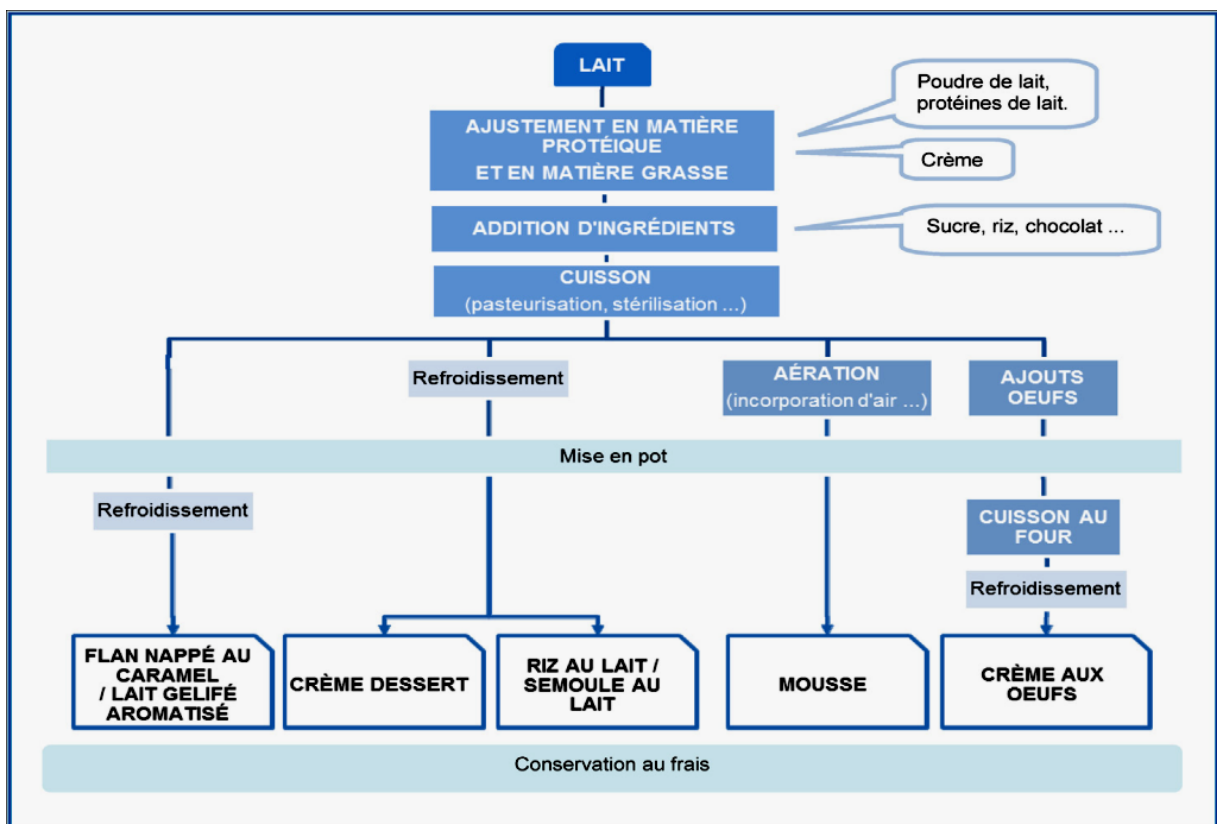


Figure 1. Schéma de fabrication des principaux DLF (Anne-Sophie et al, 2015).

Cependant, certaines étapes sont communes à la plupart des DLF (Fig.1) :

- Ajustement du lait au taux de matière grasse désiré avec enrichissement éventuel en crème, poudre de lait, lait concentrée protéines de lait).
- Addition d'ingrédients dans la cuve de fabrication (par exemple sucre, riz ou chocolat).
- Cuisson (pasteurisation, stérilisation...) puis refroidissement éventuel.

- Conditionnement dans des pots (généralement en pots individuels de 60g à 125g) et refroidissement rapide.
- Conservation au froid (la température doit toujours se situer entre 0 et 6 °C).

Les défauts de fabrication de la crème dessert sont d'ordre physicochimique (exsudation du sérum d'un extrait sec trop faible ou un chauffage insuffisant), d'ordre bactériologique (contamination par des *Leuconostoc* qui sont gazogènes et/ou moisissures et les levures) ou encore d'ordre thermodynamique (séparation de phases) (Jeantet et al, 2008).

3.1. Exemple de fabrication d'un dessert lacté

Les différentes étapes de fabrication d'un dessert lacté de type chocolat (Fury chocolat) sont schématisés dans la figure 2. Les principaux étapes sont : (selon Hodna Lait)

Préparation du mix (poudrage) : Mélange des ingrédients : amidon, gélifiant, sucre, arôme, cacao, sel et l'eau de reconstitution avec le poudre du lait qui est conservé à basse température quelques heures ou même une nuit avant l'incorporation des ingrédients généralement au froid pour éviter la formation de grumeaux. Une fois tous les ingrédients sont ajoutés, une prise d'échantillon du mix de la crème sucrée s'effectue au niveau du tank de standardisation pour la mesure de l'EST, MG et du pH (les paramètres sont conformes, le produit sera validé pour stérilisation, sinon il sera rectifié par l'ajout de l'eau, ou d'autres ingrédients).

- **Traitement thermique :** Mélange des différents produits préchauffé aux environs de 75°C pour atteindre la température nécessaire à l'homogénéisation qui se fait sous pression 100 bar, puis le mélange est porté à une température supérieure à 75°C. L'homogénéisation est un traitement mécanique à moyenne pression qui vise à réduire la taille des globules gras au-dessous du micromètre.
- **Stérilisation :** Le produit est mené dans un bac de lancement où il sera stérilisé à l'aide d'un échangeur de chaleur tubulaire, après sortie de l'homogénéisateur, le mélange va subir une stérilisation en continu à haute température (135°C), pendant quelques secondes ; cette stérilisation permet une conservation du produit.
- **Refroidissement et le conditionnement :** Après la stérilisation, avant le conditionnement, le produit est refroidi partiellement (température 75°C) et on dit alors qu'il est conditionné à chaud. Le produit conditionné est refroidi par passage dans un tunnel. Le conditionnement à chaud assure une meilleure hygiène au produit et minimise les risques d'altération microbologique.

- **Refroidissement rapide:** Les palettes sont acheminées rapidement vers la chambre froide et maintenues à une température de 2 à 3°C pendant 3 heures.
- **Stockage et la conservation :** Le stockage en chambre froide (6°C) pour assurer la conservation et sa durée généralement de 4 semaines au froid.

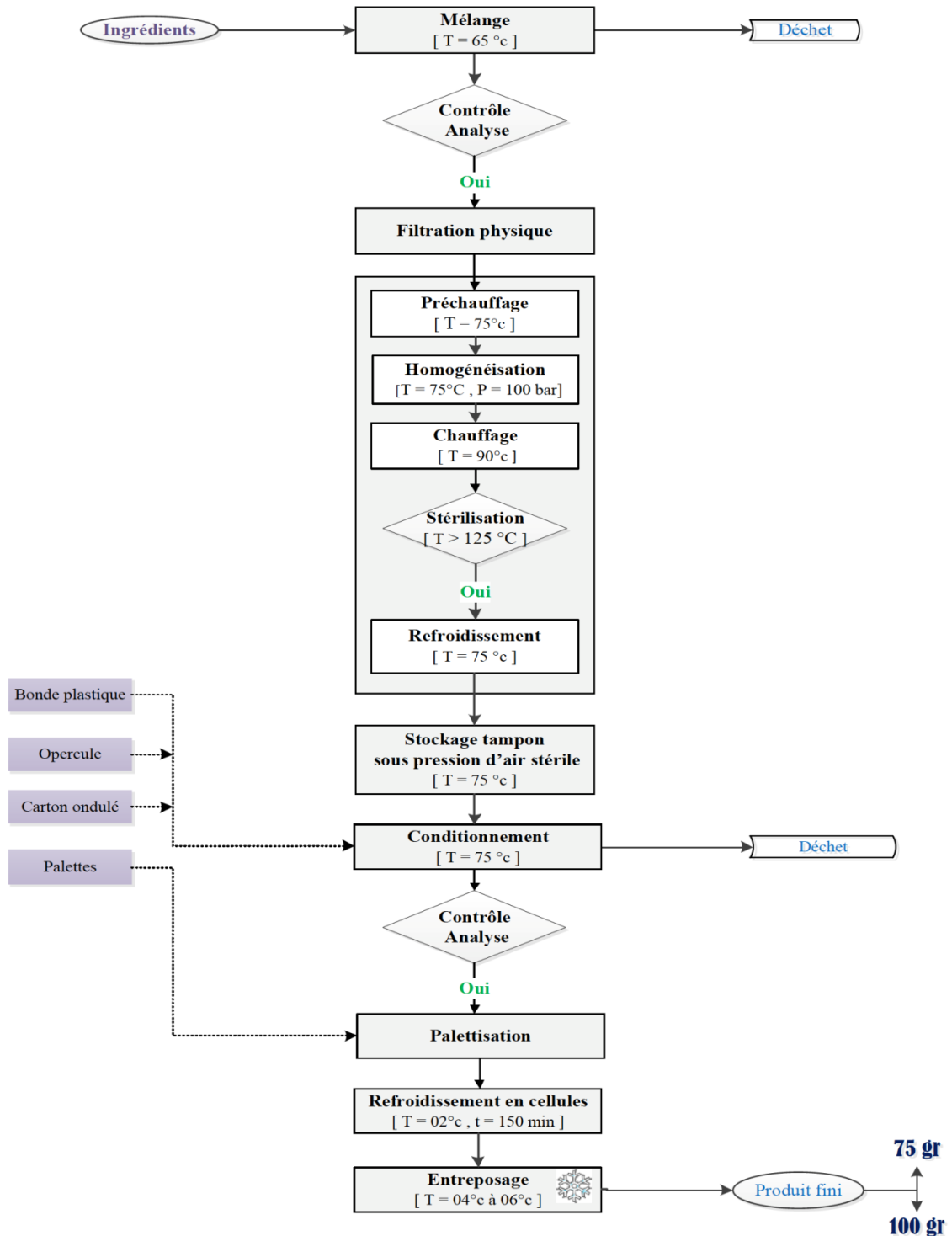


Figure 2. Diagramme de fabrication crèmes desserts à chaud chez Hodna-lait.

4. Présentation de Sarl Hodna-lait

Créée en fin de l'année 1999, Hodna-lait est une société à responsabilité limitée (SARL), 100% algérienne, spécialisée dans la production laitière. Hodna-lait sise dans la zone industrielle du chef-lieu de la wilaya de m'sila, elle s'étale sur une superficie de 06 hectares dont 04 sont construits en ateliers de production en magasins de stockage des matières premières et emballages et le reste représente les chemins et passages utiles aux camions de transport, implantation des bâches de stockage d'eau brute, générateurs d'énergies et autres. L'unité comporte 06 ateliers de production qui fonctionnent en régime continu 03 équipes × 08 heures.

Tableau 6. Présentation des ateliers et leurs capacités de production de l'Hodna-lait.

Atelier	Création	Type de produit	Capacité (litres/jour)	Effectif (personnes)
01	Octobre 1999	Lait pasteurisé, l'ben et raib en coussin plastique	220000	80
02	Septembre 2004	Produits lacto-fermentés et desserts lactés	200000	240
03	Février 2010	Produits lacto-fermentés	95000	60
		Fromage frais		
		Produits desserts lactés		
04	Août 2010	Yaourt à boire aromatisé et fruité	200000	30
		L'ben		
		Raib		
05	Avril 2013	Lait UHT en TetrabriK de 01 litre	200000	30
		Beurre en carton de 25kg		
		Beurre en barquette de 250gr		
06	Janvier 2014	Crème dessert	70000	30
		Flan au caramel de nappage		

Historiquement, l'entreprise a connu un début très timide en se contentant de produire que du lait pasteurisé partiellement écrémé totalisant modestement 40 000 L/jour. Contre toute attente, certains facteurs encourageants sont apparus motivants ainsi les propriétaires à revoir les capacités de production en investissant encore d'avantage ; parmi ces facteurs citons principalement la bonne qualité du produit, sa forte demande et surtout le fait que l'entreprise soit l'unique dans la région ce dernier point reste le plus déterminant ; car il faut souligner que dans le passé, le lait était fourni par des entreprises du secteur étatique ou privé des wilaya voisines (Setif, Batna, Bordj-Bouarraridj). Depuis, l'entreprise n'a pas cessé d'investir dans les moyens matériels et humains ce qui lui a permis d'arriver aujourd'hui à conquérir le marché national et d'inscrire son nom dans la cour des grandes entreprises.

4. Le lin

4.1. Généralités

La dénomination *Linum usitatissimum*, traduit du latin « lin le plus utile », fait référence à ses multiples utilisations. Le lin est une culture à floraison bleue qui produit petites graines plates de couleur allant du jaune doré au brun rougeâtre (Figure 1) ; elle sont généralement consommées de trois manières : graines entières, graines moulues (poudre ou semoule) ou huile de lin (Van zeiste, 1972).



Figure 3. Images de la fleur bleue (A), du fruit et de la graine (A) de lin (Helietal., 2007).

Les utilisations du lin ont conduit à la sélection de deux familles, le lin fibre et le lin oléagineux. Contrairement au lin fibre, le lin oléagineux présente un taux de ramifications des tiges plus important, ce qui conduit à une production plus élevée de graines (Diederichsen et Richards, 2003). Les variétés commerciales de lin oléagineux sont différenciées en variétés de printemps et d'hiver, pour une production végétale adaptée aux conditions climatiques (29 variétés de lin de printemps contre 9 variétés de lin d'hiver sont inscrites au catalogue français de 2012 (Geves, 2012).

La culture du lin est l'une des plus anciennes cultures utilitaires, les premières traces de son utilisation date de 8000 avant JC en Turquie (Van Zeiste, 1972). Son utilisation a été étendue par l'Égypte des pharaons où les momies étaient entourées de bandelettes de lin. De plus, des fresques retrouvées dans les pyramides illustrent la culture du lin (Savoir, 2008). Actuellement, le lin est utilisé dans les domaines de l'industrie textile, alimentaire et chimique (Vaisey-Genser et Morris, 2003). Il est généralement utilisé sous forme de graines entières, de graines broyées (en poudre ou farine) ou d'huile (Benchaar *et al.*, 2014).

La production mondiale de graines de lin en 2018 s'élève à 3182754 de tonnes, le Canada étant le principal producteur de graines (22% de la production mondiale) (FAOSTAT, 2020). Dans la dernière décennie, les graines de lin ont retenu l'attention en

raison de leurs avantages pour la santé ; il a été rapporté une augmentation 77% des ventes de produits de lin en 1999. L'acide α -linoléique (ALA), les lignanes et les fibres seraient les composants derrière la plupart des avantages rapportés de la consommation des graines de lin (Roy *et al.*, 2007).

L'huile de lin est caractérisée par une composition unique en acide gras ; elle contient 73% d'acides gras polyinsaturés, 18% d'acides gras monoinsaturés et seulement 9% d'acides gras saturés, ce qui rend cette huile un aliment faible en élément gras saturé. Cette huile est connue comme la source la plus riche en acide gras de type oméga-3, l'acide α -linoléique (ALA), représentant environ 55% de la totalité des acides gras présents dans cette huile (Sun, *et al.* 2015). La teneur des graines de lin en ALA est cinq fois plus élevée que celles dans les noix et l'huile de canola, qui sont connues comme une source importante de ce composé (Baybutt, *et al.* 2002)

4.2. Compositions de la graine de lin

La composition du lin varie selon la variété et les facteurs environnementaux (Dau *et al.*, 2003). Les graines de lin sont composées majoritairement d'huile (30 à 45 %), de protéines (10 à 30 %) et de fibres alimentaires (25 à 32 %), les pourcentages en matière fraîche sont présentés dans le tableau 8. D'autre part, le tégument est composé majoritairement de polyphénol et de composés glucidiques (mucilage) alors que l'embryon est composé majoritairement d'huile et de protéine (Dau *et al.*, 2003 ; Coskuner *et Karababa* 2007).

Tableau 7. Composition chimique (%) des grains de lin (Coskuner *et Karababa*, 2007).

Humidité	Protéine	Lipide	Fibre	Cendre
4-8	20-25	30-40	20-25	3-4

4.3. Morphologie et microstructure des graines de lin.

La graine de lin a une forme ovale, aplatie et lisse. La graine présente un bec plus ou moins recourbé à son extrémité. Le tégument de la graine prend des couleurs variant du jaune au marron (Figure 4). Les dimensions des graines commerciales sont variables : de 3,0 à 6,4 mm de longueur, 1,8 à 3,4 mm de largeur et 0,6 à 1,5 mm d'épaisseur en moyenne (Freeman, 1995). Le poids de mille grains varie entre 5 et 10 g (Labalette *et al.* 2011). La variabilité de

ce poids est relative à la date et à la densité de semis, et rend compte de la bonneformation et alimentation des graines (FAO, 2012).



Figure 4. Gamme de couleurs des graines de lin (Dy bing et Lay, 1981).

La graine de lin possède une microstructure caractéristique (figure 7), chaque tissu ayant une fonction physiologique propre. L'amande est protégée contre les pathogènes et les contraintes mécaniques par le tégument. Celle-ci est composée du spermoderme et de l'épiderme. Différentes assises cellulaires composent le tégument, en partant de l'intérieur vers l'extérieur(Kadivar, 2001):

1. une couche de pigments, contenant les tanins responsables de la couleur de la graine (Endosperme) ;
2. deux assises cellulaires de fibreslongitudinales et transverses(spermoderme) ;
3. une couche de cellules rondes (spermoderme) ;
4. une assise mucilagineuse, contenant le mucilage est située sur la couche la plus externe de la graine de lin (épiderme).

L'amande de la graine est composée de l'embryon, de deux cotylédons plats et de l'endosperme. Dans l'amande sont contenues les macromolécules de réserves (protéines, lipides et glucides (Daun *et al.*, 2003). Au cours de la germination, ces composés seront dégradés pour permettre la croissance de l'embryon et le développement de la future plante.

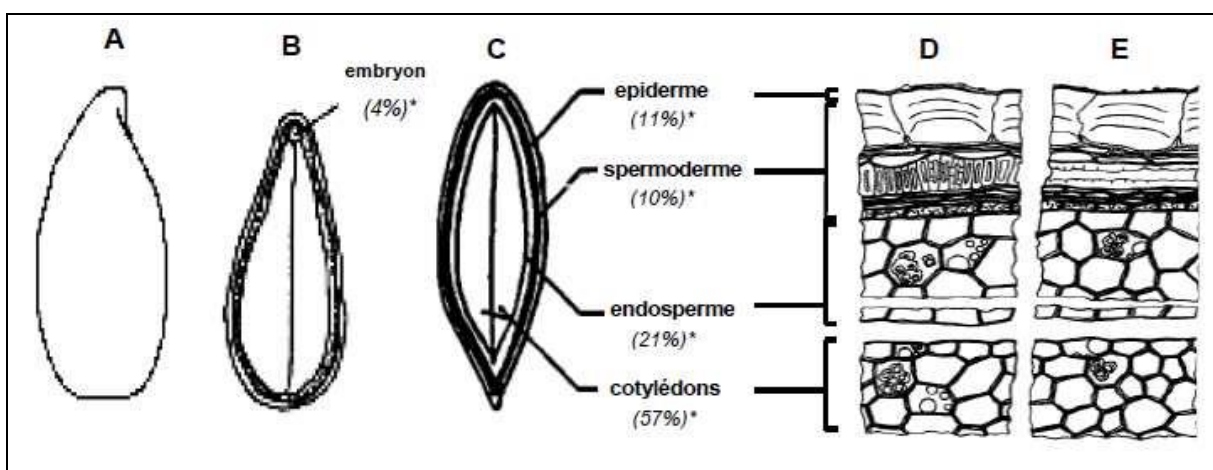


Figure 5. Représentations schématiques (A), section longitudinale (B, C), et les assises cellulaires (en coupe transversale (D), en coupe longitudinale E) de la graine, avec les pourcentages massiques (*) des fractions (Daun *et al.*,2003).

4.4. Valeur nutritionnelle

La graine de lin constitue un actif nutritionnel important en raison de ses trois composants bénéfiques pour la santé : l'acide gras polyinsaturé, acide α -linoléique oméga-3 (ALA, 20% MS) ; la lignane végétale sécoisolaricirésinol diglucoside (SDG, 1% MS) ; et Lesbros solubles (6% MS) (Adolphe *et al.*, 2010) .

La graine de lin renferme une combinaison unique d'acides gras, faibles en gras saturés (inférieurs à 9 % de tous les acide gras) et une quantité importante en acides gras polyinsaturés essentiels, l'acide α -linoléique (oméga-3) et l'acide linoléique (oméga-6). Puisqu'environ 57 % des acides gras ont composés d'acide α -linoléique, la graine de lin constitue la source végétale la plus riche en oméga-3 (Adolphe, 2015).

Tableau 8. Composition de la graine de lin (Jennifer, 2015).

Constituant		Composition (pour 16 g)
Glucides totaux		4,9 g
Fibres alimentaires totales		4,8 g
Protéines		3,4 g
Lipides totaux	Acide gras saturés	0,6 g
	Acide gras polyinsaturés	5,0 g
	Acide gras monoinsaturés	1,3 g
	Acide linoléique	1,1 g
	Acide alpha-linoléique	4,0g
Les minéraux	Calcium	56,8 mg
	Magnésium	1,3 mg
	Phosphore	109,6 mg
	Fer	0,8 mg
	Sélénium	4,3 mcg
	Potassium	141,6 mg
	Zinc	0,7 mg
Les vitamines	Vitamine C	0,1mg
	Vitamine K	0,7 mcg
	Thiamine	0,3 mg
	Niacine	0,5 mg

	Vitamine B6	0,36 mg
	Folates	14,8 mcg

4.5. Effet sur la santé

Le lin n'est pas un nouvel aliment ; il est l'un des plus anciens et précieux en raison de ses propriétés de guérison, c'est une plante millénaire aux vertus médicinales (**Halligudi, 2012**). Ces graines et son huile méritent d'être considérées comme de véritables aliments indispensables pour la santé. Il est important de souligner ses propriétés, à une époque où la mode consiste parfois à utiliser les graines de lin pour bénéficier d'allégations nutritionnelles de type riche en oméga-3. On peut citer :

- *Effets laxatif et émollient.* Les mucilages sont des polysaccharides qui possèdent une très importante capacité de gonflement en milieu humide, c'est à eux que la graine de lin doit ses capacités laxatives et émollientes (**Blumenthalet al., 2000**).
- *Effets anti-inflammatoire antioxydant et anticancéreux.* Grâce aux mucilages encore une fois, les graines du lin prodiguent un effet calmant et anti-inflammatoire réduisant l'irritation du colon dans des affections comme les colites, l'inflammation intestinale et les hémorroïdes. Même si la digestibilité de ces graines crues est extrêmement faible, le lin contient également des lignanes, qui un composé est doué de propriétés antioxydantes et anticancéreuses (**Chen et al., 2012**).
- *Activité antimicrobienne.* Il a été prouvé que l'huile possède une activité antimicrobienne contre des souches microbiennes pathogènes : *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Enterococcus faecalis*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus subtilis* et *Candida albicans* (**Kaithwas et al., 2011**).
- *Effets sur le système respiratoire et immunitaire.* La graine est considérée comme efficace pour calmer les douleurs pulmonaires et à un moindre degré l'irritation de l'appareil urinaire. Elle s'avère efficace contre la toux chronique, la bronchite, l'emphysème et la cystite chronique (**Halligudi, 2012**).
- *Effets sur le diabète et le syndrome métabolique.* La graine de lin a été associée à des améliorations dans les taux d'hémoglobine glyquée et du syndrome métabolique (**Adolphe et al., 2010**). Intégrer les graines de lin dans son alimentation peut réduire l'appétit et l'apport énergétique, ainsi aider à contrôler le poids et à la gestion du diabète (**Ibrügger et al., 2012**).

4.6. Utilisations de lin

Hormis l'utilisation traditionnellement de lin et de son huile, l'usage industriel est très diversifié, peuvent être utilisé dans : l'industrie de transformation alimentaire comme ingrédient, l'industrie pharmaceutique, l'alimentation animale, la fabrication de peintures. Ces nombreuses utilisations sont schématisés dans le diagramme de la figure 9 ci-dessous. (Laiq Khan *et al.*, 2010).

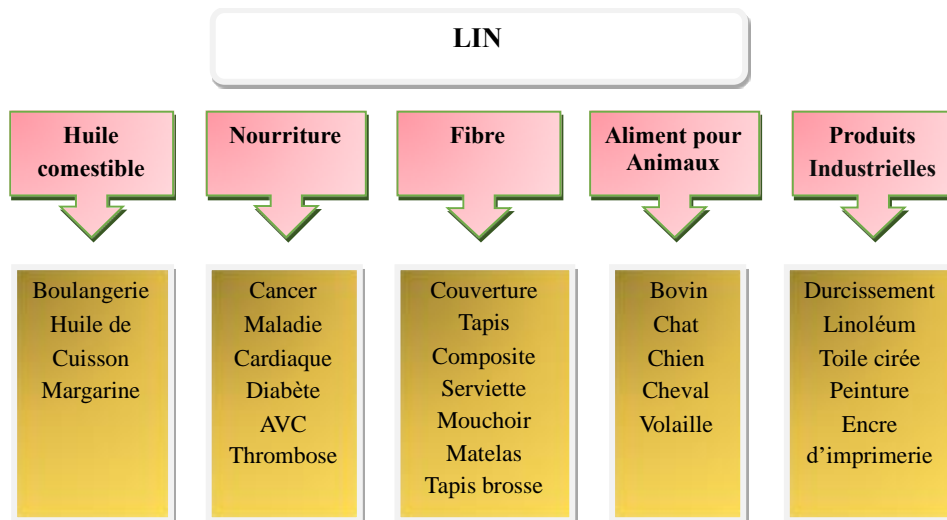


Figure 6. Diagramme de l'utilisation du lin (Laiq Khan *et al.*, 2010).

4.7. Mucilage de la grain

4.7.1. Utilisation du mucilage en industrie alimentaire

Le mucilage de graines de lin a retenu l'attention des industriels en tant que source d'oligosaccharides biologiques actifs (Guilloux *et al.*, 2009). Le mucilage est souvent utilisé comme stabilisant dans les boissons et est breveté comme ingrédient de texture dans les desserts laitiers (Qin *et al.*, 2005; Anttila *et al.*, 2008). Un éventuel effet synergique avec les protéines sur leurs fonctionnalités pourrait également être précieux dans les aliments (Rabetafika *et al.*, 2011).

4.7.2. Description du mucilage

Le mucilage représente environ 8 % du poids des graines de lin, et est connu pour être composé principalement de polysaccharides hétérogènes, et contribue en grande partie à la fraction de fibres solubles des graines (Cunnane *et al.*, 1993). La vraie coque est recouverte à l'extérieur par l'épiderme contenant du mucilage à 58 % (BeMiller *et al.*, 1993). Ce dernier est situé dans la couche de cellules épidermiques

du tégument (Oomahetal., 2001).

4.7.3. Composition chimique de mucilage

L'extraction du mucilage de graines de lin dans de l'eau à 100°C pendant deux heures a révélé une composition caractéristique ; les composé majoritaires étaient bien évidemment les glucides (73,6%) et les protéines (14,5%) (Mazze et Biliaderis, 1989). Avec une solubilité allant de 70 à 90 %, ce mucilage peut être considéré comme un mélange de différents polysaccharides. Les sucres qui les constituent sont présentés dans le tableau 10.

Tableau 9. Composition en sucre de mucilage de graines de lin extraite dans de l'eau à 100°C (Barbary et al., 2009).

Constituant	Proportion (%)
Xylose	28,6
Galactose	22,1
Glucose	14,5
Arabinose	10,2
Rhamnose	9,3

Schématisé dans la figure 7, deux principaux types de polymères ont été identifiés dans le mucilage : des molécules acides de type pectine appelées rhamnogalacturonans et des arabinoxylanes neutres (Salvador et al., 2002). Les sucres constituant ces polysaccharides sont présentés dans le tableau 10.

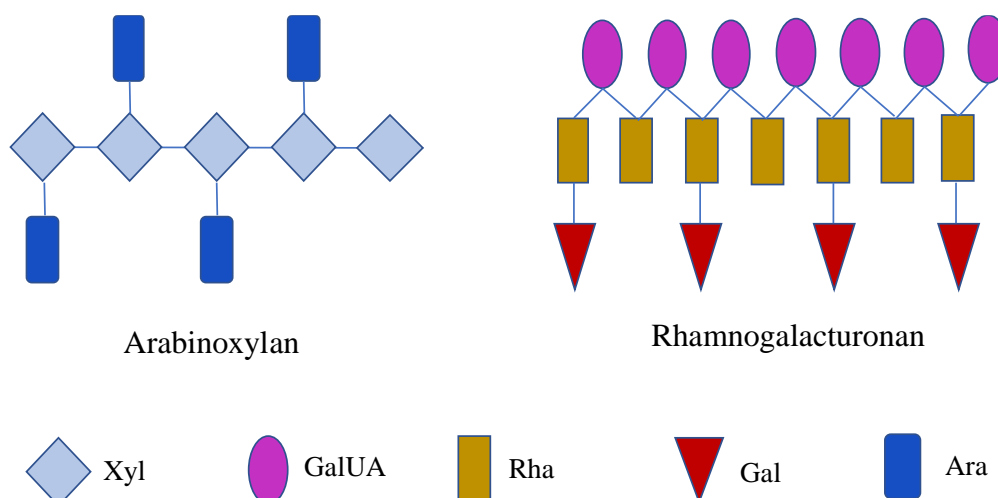


Figure 7. Structure générale des fractions neutres et acides du mucilage de graines de lin (Alix et al., 2008).

Chapitre II. Matériel et méthodes

1. Lieu de stage

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire central de la qualité dans l'entreprise HODNA-Lait, spécialisée dans la fabrication de lait et des produits laitiers. Créée en 1999, HODNA-Lait est une société à responsabilité limitée (SARL), sise dans la zone industrielle du chef-lieu de la wilaya de M'sila.

2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est la graine de lin. Les graines de lin ont été achetées sur un marché public à la commune de M'sila ; elles ont été importées de Inde.



Figure 8. Photographie des graines de lin utilisées.

3. Extraction liquide du gel des graines de lin

3.1. Nettoyage

Les graines de lin ont été nettoyées manuellement en utilisant de l'eau du robinet afin d'éliminer la poussière et les téguments ; par la suite les graines ont été séchées à l'air libre.

3.2. Extraction par de l'eau bouillante

Une quantité de 72 g de graines de lin ont été mises dans une casserole avec une quantité d'eau (350 ml) bouillante, puis laissée pendant 15 à 20 min à une température avoisinant 97.5°C sous agitation manuelle jusqu'à obtention d'un gel de plus en plus consistant.



Figure 9.Extraction du gel par ébullition des grains de lin.

3.3. Filtration

Le mélange obtenu de gel et du reste des graines a été filtré à travers une passoire désinfectée. Le filtrat contenant le gel a été conservé dans un flacon en verre au froid positif (environ 4°C) jusqu'à son utilisation.



Figure 10. Filtrat obtenu de l'extraction par de l'eau bouillante.

4. Incorporation du gel extrait des graines de lin dans un crème dessert au chocolat

La préparation de la crème dessert au chocolat a été réalisée en respectant le diagramme de préparation du crème dessert au chocolat standard de la laiterie Hodna-lait avec une modification portant sur l'ajout de gel des grains de lin comme le montre la figure 11. Trois préparations de crème dessert avec ajout de gel ont été effectuées : sans gélifiant, sans amidon, sans amidon et gélifiant. Trois différentes quantités de gel ont été testées 100, 150 et 200 g.

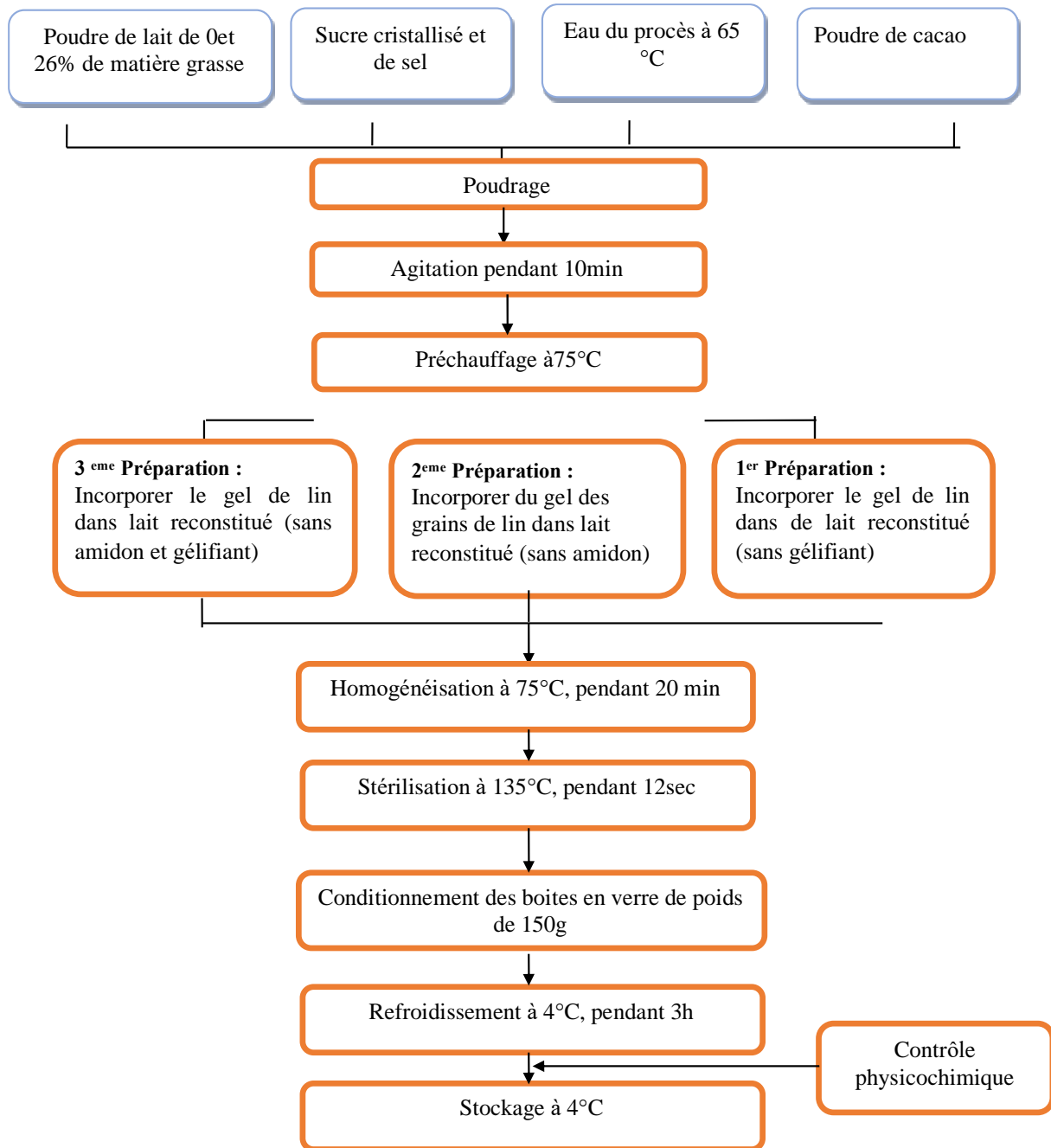


Figure 11. Diagramme de préparation des trois préparations essai du crème dessert au chocolat avec le gel des grains de lin

Comme le montre la figure 11, la préparation des crèmes desserts au chocolat avec le gel des graines de lin comprend plusieurs étapes ; elle peut être résumée en :

- a. **Préparation du mix (poudrage).** La poudre de lait 0 et 26 % de matière grasse, le sucre, la poudre de cacao, l'eau et le sel sont mélangés. Après 10 min d'agitation, le mélange est préchauffé à 75°C.

- b. Incorporation gel de lin.** Dans tous les trois cas mentionnés dans le tableau 10, le gel de lin a été incorporé dans le lait reconstitué, suivi par 20 min d'homogénéisation.
- c. Stérilisation et conditionnement.** Le mélange obtenu va subir une stérilisation à 135°C pendant 12 secondes. Par la suite le mélange est vite conditionné dans des boîtes en verre de 150 g.
- d. Refroidissement et conservation.** Le produit a été refroidi rapidement à une température de 4°C pendant 3 heures, puis stockée dans une chambre froide à 4°C.

Tableau 10. Ingrédients de préparation de crème dessert au chocolat avec le gel des grains de lin (g/150 ml).

Ingrédients	Préparation 1	Préparation 2	Préparation 3
Poudre de lait de 26% de matière grasse (g)	8.152	8.152	8.152
Poudre de lait de 0% de matière grasse (g)	8.967	8.967	8.967
Sucre (g)	26.086	26.086	26.086
Amidon(g)	0	5.706	0
Gélifiant CP132(g)	0.52	0	0
Sel(g)	0.195	0.195	0.195
Cacao (g)	2.445	2.445	2.445
Gel des grains de lin (g)	100	100	100
	150	150	150
	200	200	200

5. Méthodes d'analyses physico-chimiques des produits finis

Les analyses physico-chimiques effectuées sur les produits finis sont : la mesure du potentiel d'hydrogène (pH), la détermination la teneur de la matière grasse et le taux d'extrait sec total. Les méthodes adoptées pour la détermination de ces paramètres sont celles appliquées par le laboratoire d'analyse physico-chimique de l'entreprise HODNA-LAIT.

5.1. Potentiel d'hydrogène pH

Principe : Le pH est le logarithme de l'inverse de la concentration en ion d'hydrogène d'une solution, il indique l'activité de ces ions dans le milieu d'intérêt, le pH exerce une influence sur les réactions chimiques et biochimiques de ce fait, il présente un effet sur la flore microbienne du milieu. La mesure du pH se fait à l'aide d'un pH-mètre numérique (**Mescle et**

Zucca,1988).

Mode opératoire : Après avoir étalonné le pH mètre par une solution tampon. Plonger L'électrode est plongé directement dans le pot de crème dessert après un temps de mise en température appropriée ; les valeur du pH sont lues sur le pH-mètre. A chaque détermination du pH, l'électrode est rincée avec l'eau distillée et sécher.

5.2. Détermination de la teneur en matière grasse (MG)

Principe : La détermination de la MG est réalisée selon la méthode dite acido butyrometrique de (Gerber). Cette méthode est basée sur la dissolution des protéines par l'addition d'acide sulfurique et la séparation de la matière grasse dans un butyromètre est favorisée par addition d'une petite quantité d'alcool iso amylique et par centrifugation (**ISO : 3433-2002**).Obtention de la teneur en matière grasse (en grammes pour 100 g ou 100 ml du produit à analyser) par lecture directe sur l'échelle du butyromètre.

Mode opératoire : 10ml d'acide sulfurique estintroduite dans un butyromètre au moyen d'un distributeur en évitant de mouiller le col. Ensuite, 11,99 g de la crème dessert à est ajoutèa l'aide d'une pipette de manière à ce que la pipette soit placée en contact avec la paroi du butyromètre.1 ml d'alcool iso-amylque est versé sur la surface de l'échantillon; le butyromètre est bien fermé par un bouchon.

Pour réaliser un mélange homogène de crème dessert avec l'acide sulfurique et l'alcool, une agitation manuelle est effectuée de telle sorte que la base du butyromètre soit placée au centre de la paume gauche de la main et en faisant le mouvement de va et vient par la main droite qui attrape l'ampoule, ensuite placée dans une centrifugeuse à une vitesse de 1000 à 1200 tours/ min pendant environ 5 min.

La lecture doit être effectuée rapidement après la centrifugation, le butyromètre étant placé verticalement. Une fois que la matière grasse est séparée en une couche transparente, on lit le niveau le plus bas du ménisque supérieur de la colonne grasse et le niveau du ménisque inférieur de la colonne grasse, les traits gravés sur l'échelle du butyromètre représentent des grammes.

Expression des résultats : La teneur en matière grasse du crème dessert est exprimée en gramme par litre (g/l) de crème dessert est donnée par la formule suivante:

$$\text{MG} = (M_{\text{sup}} - M_{\text{inf}}) \times 100$$

Avec :

- **MG** : teneur en matière grasse.
- **M_{inf}**: valeur correspondant au niveau inférieur de la colonne grasse.
- **M_{sup}** :valeur correspondante au niveau supérieur de la colonne grasse.

5.3. Détermination du taux d'extrait sec total(EST)

Principe :La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après la dessiccation complète de l'échantillon; elle est mesurée à l'aide d'un dessiccateur à infrarouge (**ISO 13580,2005**). Le résultat exprimé en gramme par litre ou gramme par Kilogrammes ou en pourcentage.

Mode opératoire : Une coupelle en aluminium est placée sur la balance qui se trouve à l'intérieure de la chambre chaude du dessiccateur; son poids est taré à zéro.3 g de crème dessert est étalée ensuite sur la coupelle avant de fermer le couvercle et faire la lecture.La valeur de l'EST est affichée sur l'écran de l'appareil, et elle est exprimé en % :

$$\text{EST} = V_{\text{dess}} \times 10 \text{ (g/l)}$$

Avec :

- **EST** : Extrait sec total.
- **V_{dess}** : Valeur donné par le dessiccateur

6. Méthodes d'analyses microbiologiques des produits finis

Dans cette partie, nous intéressons à la recherche et au dénombrement des flores microbiennes susceptibles d'être présentes dans la crème dessert afin d'assurer leur qualité hygiénique. Les analyses microbiologiques réalisées sont :

- Flore totale aérobie mésophile(FTAM)
- Entérobactéries
- Levures et moisissures
- Staphylocoque aureus

6.1. Préparation des échantillons

Près de la zone stérile, 1g de chaque ingrédient est pesé à l'aide d'une spatule stérile, et mis dans un tube stérile contenant 9 ml de l'eau physiologique (dilution 10⁻¹).Une dilution en cascade est réalisée jusqu'à obtention d'une dilution de 10⁻³.

6.2. Dénombrement de la flore totale mésophile

Le plus souvent, l'étude quantitative de la flore totale correspond au dénombrement de la flore mésophile aérobie. Le dénombrement de cette flore reflète la quantité microbiologique générale d'un produit, le nombre de microorganismes totaux pourra donner une indication de l'état de fraîcheur ou de l'état de décomposition du produit et peut constituer un indicateur de la qualité sanitaire (**Guiraud, 2003**).

Mode d'opérateur : 1 ml de produit est ensemencé en masse sur un milieu de culture PCA (plate count agar). Les boîtes sont incubées à $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 72 h en aérobie (**NF EN ISO 4833 :2003**). Le dénombrer des colonies développées sur les boîtes de Pétri ne contenant pas plus de 300 colonies est exprimé par un nombre en Unités Formant Colonies par millilitre de produit (UFC/ml). Ce nombre est calculé par la formule suivante (**J.O.R.A, 1998**)

$$N = \frac{\Sigma \text{colonies}}{V_{ml} \times (n_1 + 0.1 n_2) \times d_1}$$

Avec :

- **N** : Nombre d'UFC (Unité Formant colonies) par gramme ou par ml de produit initial.
- **Σ colonies** : Somme de toutes les colonies comptées sur toutes les boîtes retenues (au moins 15 colonies).
- **V_{ml}** : Volume inoculum appliqué à chaque boîte (exprimé en ml).
- **n_1** : Nombre de boîtes retenues à la première dilution.
- **n_2** : Nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution.
- **d_1** : Taux de dilution de la première dilution retenue pour les comptages sur boîtes.

6.3. Dénombrement des entérobactéries

Les entérobactéries sont des bacilles ou coccobacilles, Gram négative, oxydase (-), catalase (+) et sporulés. Ils réduisent les nitrates en nitrites. Ils sont anaérobies facultatifs et sont divisées en deux groupes : les lactose(-) et les lactose(+)(**Guiraud, 1998**). Le dénombrement et l'isolement direct des entérobactéries « totales » s'effectuent sur un milieu glucosé inhibant la croissance des bactéries Gram positif, Le milieu le plus courant pour les analyses alimentaire est la gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (**Guirand et Rosec, 2004**).

Mode opératoire : 1 ml de la dilution est déposé dans des boites de Pétri stériles, puis on procède à l'ensemencement en profondeur et en double couche. Les boites sont incubées 37°C pendant 24. Pour lire les résultats, les entérobactéries forment des colonies violettes, entourées ou non d'un halo violet de sels biliaires précipités (**ISO 21528-2:2004**).

6.4. Dénombrement des levures et moisissures

Les levures et les moisissures dénombré sont des champignons dont la présence dans les produits alimentaires n'est pas souhaitée car elles provoquent leur altération (**Guiraud et Galzy, 1980**). Les levures sont de forme arrondie ou ovale, volumineuses ou unicellulaires. Elles sont aérobies facultatives et se développent en surface formant les boutons de nature mycélienne. Les moisissures sont en général plus complexes dans leur morphologie et dans leur mode de reproduction. Elles se développent en surface ou dans les parties internes aérées des produits (**Rozier, 1990**).

Mode d'opératoire. 1 ml de la dilution est introduit aseptiquement dans les boites de Pétries à l'aide d'une pipette Pasteur, puis environ 15 ml de la gélose OGA sont coulés dans les boites. Le mélange est homogénéisé manuellement par des mouvements circulaires. Après solidification, les boites sont incubées à 25°C pendant 5 jours. Pour lire les résultats, les levures se présentent sous forme arrondie, lisse à contour régulier et parfois pigmenté, jaune, orange ou blanc. Les moisissures se présentent sous forme de colonies plus au moins grandes et de couleur différentes. La lecture se fait sur des boites contenant de 30 à 300 colonies. (**ISO 6611 et FIL94 : 2004**).

6.5. Dénombrement des Staphylocoques aureus

Staphylocoques aureus est fréquemment retrouvé dans le lait et parfois en nombre important. L'origine de la contamination est la mamelle et plus fréquemment l'homme. Leur fréquence tend à augmenter du fait de leur anti-bio résistance. Ils provoquent, par leur production de toxines thermostables, des intoxications de gravité variable pouvant être redoutables. (**Debuyser, 1991**).

Mode opératoire. L'enrichissement est réalisé comme suit : 1 ml de produit (solution mère) est déposé dans un tube contenant 5 ml de bouillon Giolitti Cantoni. Après homogénéisation à l'aide d'un homogénéisateur, les tubes sont incubés pendant 24 h à 37°C (**NF V08-057**). Par la suite, à l'aide d'une pipette stérile, 1 ml du bouillon d'enrichissement est étalé soigneusement à la surface de gélose Baird Parker ou Chapman. Les boites sont incubées à 37°C pendant

72 h (**NF ISO 6888-2,1999**). Pour lire les résultats, les colonies de *Staphylococcus aureus* sont de tailles moyennes, lisses et pigmentées en jaune (**JORA, 1998**).

7. Évaluation de la qualité organoleptique des produits

Les caractéristiques organoleptiques des produits évaluées sont : (**ISO 5492**)

- Apparence : aspect général, la couleur....
- Flaveur : odeur, saveur (sucrée, salée, amère, acide).
- Texture : dureté.

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

8. Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée par le logiciel SPSS (SPSS Inc, version 23 pour MAC, Chicago IL, USA). Les valeurs des paramètres mesurées (pH, MG et EST) entre les produits obtenus et la réglementation ont été comparées par une analyse de la variance ANOVA (one-way) suivi d'un test post-hoc de Dunnett.

Chapitre III. Résultats et discussions

1. Évaluation physico-chimiques des produits finis

L'évaluation physico-chimique des produits finis à savoir le pH, l'extrait sec totale et la matière grasse a été réalisée en triplicats pour chaque catégorie du produit (quantité de gel de lin ajoutée). Les résultats de cette évaluation sont regroupés dans le tableau 11.

Tableau 11. Les résultats des analyses physicochimiques des crèmes desserts préparés

	Quantité en g de gel de lin ajoutée			Règlementation (JORA, 1998)
	100	150	200	
pH du produit sans l'ajout de gélifiant	6.65	6.53	6.62	6.60 - 6.80
	6.65	6.55	6.60	
	6.70	6.50	6.60	
MG (%) du produit sans ajout d'amidon	3.5	4.4	4.4	3.5 - 4.5
	3.7	4.4	4.3	
	3.9	4.5	4.4	
EST (%) du produit sans ajout de gélifiant ni d'amidon	25.9	25.9	25.8	26.77 - 27.66
	26.0	26.0	25.8	
	26.0	26.1	26.0	

MG :Matière Grasse ;EST :Extrait Sec Totale.

L'analyse statistique a révélé qu'il n'existe pas de différence significative dans ($p < 0,05$) les paramètres mesurés à savoir, le pH, l'extrait sec totale, la matière grasse entre les produits obtenus. Également, il n'existe pas de différence significative ($p < 0,05$) de ces paramètres entre les produits obtenus et la réglementation.

D'après le tableau 11 et l'analyse statistique, les valeurs du pH, de l'extrait sec totale et de la matière grasse sont conformes aux normes publiées dans journal officiel de la république Algérienne (JORA) 1998, sur le lait et les produits laitiers. Il peut être constaté également que l'ajout des différentes quantités de gel dans les différentes préparations de la crème dessert n'a pas impacté les trois paramètres physico-chimique des produits finis.

2. Les analyses microbiologiques des produits finis

L'étude microbiologique est basée sur l'analyse des différents produits obtenus pour différents ajouts de gel. Les résultats de dénombrement de la flore totale aérobie mésophile à 30°C, entérobactéries, les levures et les moisissures et *Staphylococcus aureus* des produits finis sont présentés dans le tableau 12. Ces résultats ont montré une absence totale des germes recherchés, et par conséquent, les différents crèmes desserts préparés sont conformes microbiologiquement à la réglementation Algérienne (JORA, 1998).

L'absence totale des germes recherchés confirme la qualité hygiénique des crèmes desserts préparés ; l'efficacité de traitement thermique, les bonnes conditions d'hygiène dans lesquelles se sont faites les préparations ainsi que le matériel utilisé est stérilisé (Guiraud, 2003).

Tableau 12. Résultats des analyses microbiologiques des produits finis

Type de produits finis	Quantité en g de gel de lin ajoutée	FTAM à 30°C (UFC/ml)	Entérobactéries (UFC/ml)	Levures et moisissures (UFC/ml)	S. aureus (UFC/ml)
Sans gélifiant	100	abs	abs	abs	abs
	150	abs	abs	abs	abs
	200	abs	abs	abs	abs
Sans amidon	100	abs	abs	abs	abs
	150	abs	abs	abs	abs
	200	abs	abs	abs	abs
Sans amidon et sans gélifiant	100	abs	abs	abs	abs
	150	abs	abs	abs	abs
	200	abs	abs	abs	abs
Règlementation (JORA, 1998)		10 ⁶	10 ²	10 ⁴	10 ²

abs : absence ; FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile ; *S. aureus* : *Staphylococcus aureus* ; UFC/ml : Unité Formant Colon par millilitre.

3. Évaluation organoleptique des produits finis et produit standard

Les résultats d'évaluation organoleptique des produits finis sont présentés dans la figure 12 sous forme d'un tableau croisé, à savoir des crèmes dessert sans amidon et sans gélifiant, sans gélifiant et sans amidon avec trois différentes quantités de gel (100, 150, 200g). L'analyse

visuelle et la dégustation des produits a révélé une grande similarité le produits de référence par rapport à des attribues de la couleur, le goût et l'odeur. Ce constat signifie que l'incorporation l'extrait de grain de lin influence pas sur ces descripteur de qualité.

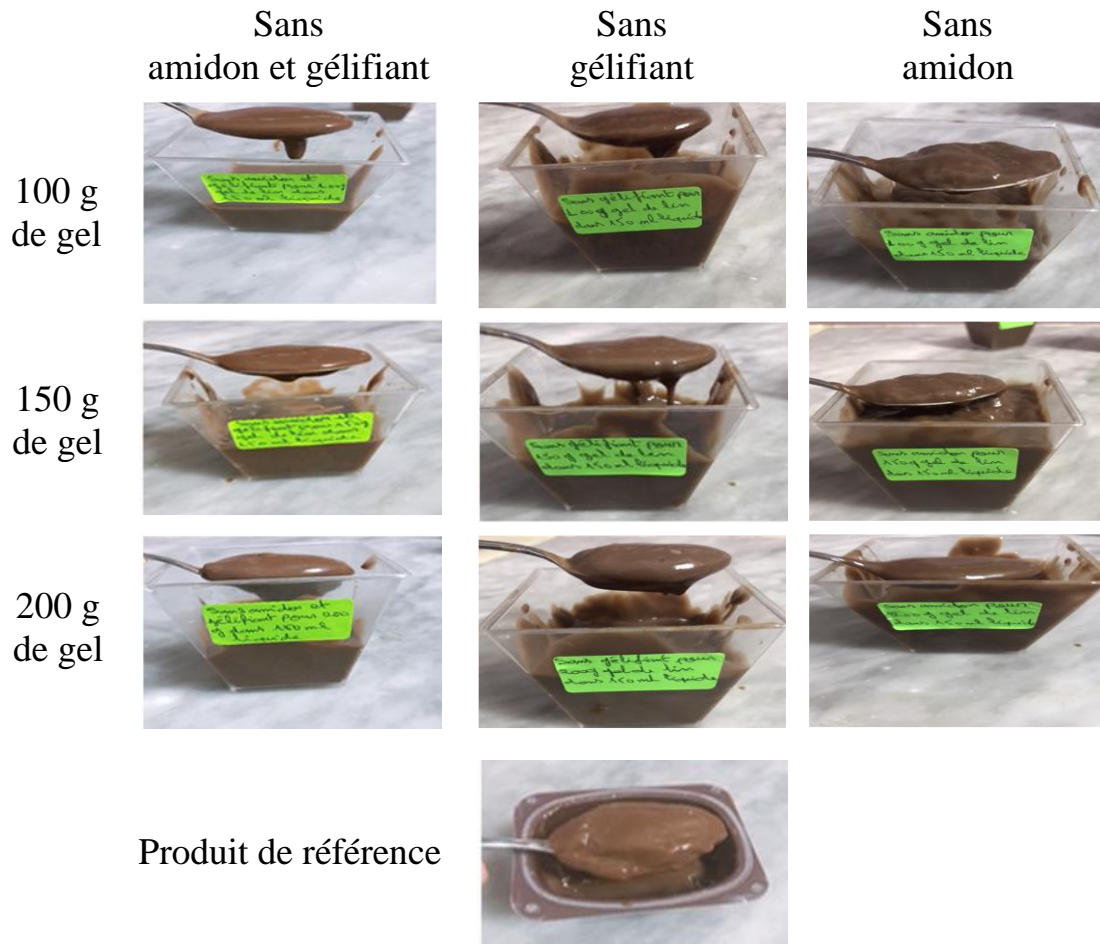


Figure 12. Images des crèmes desserts obtenus pour les différents essais

Cependant, les produits finis ont une texture nettement différente comparée à celle du produit de référence. Cela peut être expliqué probablement par ces hypothèses inspirées par les travaux de **Matignon et al ., (2014)** :

1. Les interactions amidon-gel de lin et gélifiant-gel de lin ne sont pas les même entre amidon-gélifiant. Il a été rapporté que l'observation de la microstructure d'un mélange amidon-gélifiant et marqué par des graines d'amidon sont absorbées dans un réseau de gélifiant. Une interaction entre les chaînes de gélifiant et les protéines présentes en surface des graines d'amidon pourrait être mise en cause.

2. L'incompatibilité pratique entre gel de lin et protéine de lait influence la probabilité de texture ; quand l'amidon est remplacé par le gel de lin (essais sans amidon). Les protéines du lactosérum ainsi adsorbées en surface des graines modifieraient la surface qui deviendrait notamment plus rugueuse. Lors du traitement thermomécanique, l'augmentation du frottement des graines les uns contre les autres pourrait conduire à une modification de leur dynamique de gonflement. Par ailleurs, ces interactions pourraient mener aussi à de nouvelles propriétés de gonflement des granules d'amidon de par la modification de sa surface.
3. Pour les essais où le gélifiant est remplacé par gel de lin, les gélifiants et les protéines du lait ne pénètrent pas dans les grains d'amidon lors de l'empesage. Il y a adsorption des chaînes de gélifiant sur les grains quel que soit le temps de contact (avant ou après l'empesage). Il y aurait également adsorption des protéines du lactosérum sur les grains lorsqu'elles sont dénaturées par la chaleur ce qui entraînerait des dynamiques de gonflement différentes des grains d'amidon.

Il peut être conclu que la bonne texture de la crème dessert résulte de l'interaction des mélanges ternaire : protéine de lait, amidon et gélifiant). La dernière hypothèse que le gel de lin ne fonctionne que avec le lait tout seul comme indiqué il a été observé dans la figure 12 (essais sans amidon ni gélifiant).

À partir de ces hypothèses on peut dire que le rôle de notre gel de lin dans le mélange est attribué aux polysaccharides présents dans l'extrait ; ce dernier est connu pour son utilisation comme un épaississant pour augmenter la viscosité des matrices alimentaires.

Les produits obtenus avec ajout des trois quantités de gel et sans amidon ni gélifiant ajoutés ont été de bonne qualité organoleptique. Cependant, malgré la texture épaisse de ces produits, les yaourts de type crème dessert doivent être d'une texture gélifiée. De plus, ils n'ont pas l'homogénéité, la souplesse et l'absence des grumeaux pour être considéré comme un yaourt brassé.

Conclusion

La graine de lin constitue un actif nutritionnel important en raison de sa composition bénéfique pour la santé humaine. Son mucilage a retenu l'attention des industries agroalimentaires en tant que source d'oligosaccharides biologiques actifs ; il est souvent utilisé comme stabilisant dans les boissons et est breveté comme ingrédient de texture dans les desserts laitiers. C'est dans ces propriétés que l'objectif de notre travail est défini.

La qualité physico-chimique, microbiologique et organoleptique des produits préparés ont été évalués dans la présente étude. Cette évaluation a démontré que la qualité physicochimique et hygiénique est acceptable par rapport aux normes. Les produits obtenus avec ajout des trois quantités de gel, et cela sans ajout d'amidon ni de gélifiant, ont été d'une qualité organoleptique très intéressante en terme de goût et de couleur. Cependant, la texture épaisse de ces produits ne correspond pas aux critères des yaourts de type crème dessert qui doivent être d'une texture gélifiée.

Il est intéressant de réaliser une étude sur l'optimisation des conditions de formulations et de transformation du lait pour obtenir plus d'homogénéité et de souplesse pour une incorporation du gel des graines de lin dans des yaourts de type brassés.

Il est important de préciser que Hodna-Lait comme d'autres sociétés a subi les conséquences de la pandémie du corona virus (COVID-19). Cette situation inattendue nous a empêché d'accéder à l'entreprise et d'entamer notre stage dans les temps (avril/mai) ; nous avons commencé le travail pratique qu'à la deuxième semaine du mois de septembre. Cette situation délicate a freiné la réalisation complète du plan et de l'objectif de départ de notre projet de fin d'étude.

Références

- Adolphe, J., (2015).** La graine de lin et les maladies cardiovasculaires. Disponible sur : <http://www.healthyflax.org> (consulté le 24/09/2020).
- Adolphe J., L., Whiting S. J., Juurlink B. H., Thorpe L. U., & Alcorn J., (2010).** Health effects with consumption of the flax lignan secoisolariciresinol diglucoside. *British Journal of Nutrition*, 103(7), 929-938.
- Alix S., Marais S., Morvan C., & Lebrun L., (2008).** Biocomposite materials from flax plants : preparation and properties. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 39(12), 1793-1801.
- Amiote J., fourier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R., (2002).** Science et technologie du lait : transformation du lait. (Eds) presses interpolytechnique. p 3-14.
- Anttila M., Kankaanpää-Anttila B., Sepponen M., Timonen H., & Autio K., (2008).** Improving of texture of dairy products. WO, 913, A1.
- Baybutt R. C., Rosales C., Brady H., & Molteni A., (2002).** Dietary fish oil protects against lung and liver inflammation and fibrosis in monocrotaline treated rats. *Toxicology*, 175(1-3), 1-13.
- Bemiller J. N., Whistler R. L., Barkalow D. G., & Chen C. C., (1993).** Aloe, chia, flaxseed, okra, psyllium seed, quince seed, and tamarind gums. In *Industrial Gums* (pp. 227-256). Academic Press.
- Benchaar C., McAllister T. A., Petit H. V., & Chouinard P. Y., (2014).** Whole flax seed and flax oil supplementation of dairy cows fed high-forage or high-concentrate diets: Effects on digestion, ruminal fermentation characteristics, protozoal populations and milk fatty acid profile. *Animal Feed Science and Technology*, 198, 117-129.
- Bhattacharya P., Steele P. H., El Barbary M. H., Mitchell B., Ingram L., & Pittman C. U., (2009).** Wood/plastic copyrolysis in an auger reactor: Chemical and physical analysis of the products. *Fuel*, 88(7), 1251-1260.
- Branger A., Madeleine M., Roustel S., (2009).** Alimentation, processus technologiques et contrôles. Edition Educagri 60.
- Carole L., Vignola., (2002)** science et technologie du lait, transformation du lait, Canda, 600P.
- CAP/RCP, (2004).** Code d'usage en matière d'hygiène pour le lait et le produit laitier. 57-31p. Disponible sur : http://www.codexalimentarius.net/.../CXP_057.pdf (consulté le 24/09/2020).

- 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.
- Coşkuner, Y., Karababa E., (2007).** Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Food Engineering*, 78(3), 1067-1073.
- Cunnane, S. C., Ganguli, S., Menard, C., Liede, A. C., Hamadeh, M. J., Chen, Z. Y., ... & Jenkins, D. J., (1993).** High α -linolenic acid flaxseed (*Linum usitatissimum*): some nutritional properties in humans. *British Journal of Nutrition*, 69(2), 443-453.
- Daun, J., Barthet V, Chornick T, Duguid S., (2003).** Structure, composition and variety development of flaxseed. In: Thompson, L., Cunnane, S. edition. *Flaxseed in Human Nutrition*. Second Edition Champaign, Illinois, p1-40.
- Debuyser ,M., L., (1991).**Méthodes d'évaluation des microflores à incidence sanitaire: les Staphylocoques coagulase +. In : techniques d'analyse et contrôle dans les IAA, Le contrôle microbiologique, Tec. & Doc., Vol.3 : 2 ème Ed, Lavoisier. Paris
- Diederichsen A, Richards K.,(2003).** Cultivated flax and the genus *Linum* L. *Flax: the genus Linum*, p32-38.
- Ducarre, C., (2011).** Comment contenir ce qui nous est étranger?. *Cliniques*, (1), 78-92.
- Dybing, C. D., Lay, C., (1981)** Flax *Linum usitatissimum*. dans : CRC handbook of biosolar resources. Eds McClure, T. A., Lipinsky, E.S., CRC Press, Inc., Boca Raton, USA, II. Resource materials, pp 71-85.
- FAOSTAT., (2020).** Base de données statistique de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Site consulté le 14 Septembre 2020, <http://faostat.fao.org/>
- Geves,(2012).** Centre d'Etudes et de Contrôle des Variétés et des Semences. Site consulté le 13 mars 2012, <http://cat.geves.info/page/ListeNationale>.
- Gret., (2010).** Transformer les produits laitiers frais à la ferme. Edition : Educargri.
- Guion,Ph.,(1998).** Justification technologique des additifs. Les additifs. Dossier scientifique de l'IFN (Institut français pour la Nutrition), N°10. p17_23.
- Guiraud, J.P et Rosec.J-P., (2004).**Pratiques des normes en microbiologie alimentaire. Edition.AFNOR. France. p 268.
- Guirand, J.P., (2003).**Microbiologie Alimentaire.Edition:Dunod. Paris.Hygiène et sécurité alimentaires.In:Bourgeois C.M., Mescle J.F.,Zucca J. (Eds), Microbiologie Alimentaire,Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire :Edition:Lavoisier. Paris.pp151-160.

- Halligudi, N., (2012)** Pharmacological properties of flax seed: Review Hygeia. Journal for drugs and medicines 4 (2) : 70- 77.
- Heli Jroy,R.D, Shanna Lundy M.S, Chad Eriksen B.A, Beth K., (2007).** Flaxseed: A Review of Health Benefits. *Pennington Nutrition N°5, P 4*
- Ibrügger, S., Kristensen, M., Mikkelsen, M. S., & Astrup, A., (2012).** Flaxseed dietary fiber supplements for suppression of appetite and food intake. *Appetite*, 58(2), 490-495.
- ISO 21528-2., (2004).**Microbiologie des aliments- Méthodes horizontales pour la recherche et ledénombrement des *Enterobacteriaceae*-Partie 2: Méthodepar comptage des colonies
- ISO13580|FIL151.,(2005).**Spécifieuneméthodederéférencepourladéterminationde la teneur en matières solides totales desyaourts naturels, aromatisés, sucrés et aux fruits.
- ISO 3433., (2002).** Fromages -Détermination de la teneur en matière Grasse- Méthode acidobutyrométrique, International Organization of Standardization.
- Jeante ,T R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P et Brule G.,(2008).**Les produits laitiers ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier: 1-3-13-14-17 (185 pages) .
- JORAN°35, (1998).** Critères microbiologiques des laits et des produits laitiers.Arrêté interministériel du 24 févriermodifiant et complétant l'arrêtede23 juillet 1994 relatif aux spécifications microbiologiques decertaines denrées alimentaires.
- Kadivar, M., (2001)** Studies on integrated processes for the recovery of mucilage, hull, oil and protein from Solin (low linolenic acid flax). PhD, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, pp 177
- Kaithwas, G., Mukerjee, A., Kumar, P., Majumdar, DK., (2011)***Linum usitatissimum* (linseed/flaxseed) fixed oil: antimicrobial activity and efficacy in bovine mastitis, *Inflammo-Pharmacology* 19: 45-52.
- Korolczuk, J., Garawany J, Maingonnat JF., (2003).**Propriétés rhéologiques des desserts lactés. Disponible sur : www-connexe.univ-brest.fr/gfr2003/cd/documents/.../Korolczuk-Oral.pdf (Consulté le 14/10/2020).
- Korolczuk, J., Garawany J, Maingonnat JF., (2003).** Propriétés rhéologiques des desserts lactés. Disponible sur : www-connexe.univ-brest.fr/gfr2003/cd/documents/.../Korolczuk-Oral.pdf (Consulté le 14/06/2020).
- Labalette, F., Landé, N., Wagner, D., Roux-Duparque, M., Saillet, E., Onidol., (2011)** La filière lin oléagineux française : panorama et perspectives. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 8, pp 113-122.

- 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.
- Lamontagne, M., Claude P, Champagne D, Reitz-Asseur J, Moineau S, Gardner N, Lamoureux M, Jean J et Fliss I., (2002).** Microbiologie du lait. In : Science et technologie du lait. Vignola C. L. Ed, Presses internationales polytechnique, Québec, 574P.
- Larpent, I.P., (1997).** Microbiologie alimentaire : Techniques de laboratoire. Edition : Tec et Doc Lavoisier. Paris. 296p.
- Lapointe-Vignola, C., (2002).** Science et technologie du lait : transformation du lait. Presses inter Polytechnique.
- Leyral, G., Vierling, E., (2007).** Microbiologie et toxicologie des aliments : hygiène et sécurité alimentaire. Edition. Wolters Kluwer France. p 217.
- Leyral, G., & Vierling, E., (2007).** Microbiologie et toxicologie des aliments : Hygiène et sécurité alimentaires. Edition : Doin. p 287.
- Lubrano-Lavadera, A. S., Braesco, V., & Chanson-Rollé, A., (2015).** Desserts lactés frais. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 50(2), 109-116.
- Matignon, É., (2014).** Justices en mutation au Burundi. *Afrique contemporaine*, (2), 55-80.
- Mazza, G., & Biliaderis, C. G., (1989).** Functional properties of flax seed mucilage. *Journal of Food Science*, 54(5), 1302-1305.
- Mesle, J.F., Zucca J., (1998).** Le comportement des microorganismes des aliments. microbiological safety and quality of food. Microbiologie et qualité dans l'industrie agro-alimentaire. Edition: CRDP d'aquitaine. 245p
- NFISO 7959., (1988)** Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures - Technique par comptage des colonies à 25 degrés Celsius.
- NF ISO 6888-2., (1999).** Méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces) - Partie 2 : technique utilisant le milieu gélosé au plasma de lapin et au fibrinogène.
- NFEN ISO 4833., (2003).** Dénombrement des microorganismes. Méthode par comptage des colonies à 30°C (PCA). In : Besclin J (Eds). Méthodes alternatives d'analyse pour l'agroalimentaire, performances analytiques certifiées.
- NFEN ISO 4832., (2006).** Direction générales pour le dénombrement des coliformes méthode par comptage des colonies (VRBL) In: Besclin J (Eds). Méthodes alternatives d'analyse pour l'agroalimentaire, performances analytiques certifiées.

- Oomah, B. D., (2001).**Flaxseed as a functional food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9), 889-894.
- Oomah, B. D., (2003)** Processing of flaxseed fiber, oil, protein, and lignan. dans: *Flaxseed in Human Nutrition*, Second Edition. Eds Thompson, L. U., Cunnane S. C., AOCS Press, Champaign, Illinois, USA, 20, pp 363-387.
- Oqali, (2013).**Étude de l'évolution du secteur des produits laitiers frais et assimilés entre 2009 et 2011. Disponible sur : <https://www.oqali.fr>(consulté le 01/08/2020).
- Paillet.M., (2011).** Guide pratique. Transformer les produits laitiers frais à la ferme. (Eds) Educagri. p63-76.
- Peterson, S. W., (1958)** Linseed oilmeal. dans: *Processed Plant Protein Foodstuffs*. Eds Altschul, A. M., Academic Press, New York, USA pp 539 PressesInternationales Polytechnique, Québec. 600p.
- 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.
- Rabetafika, H. N., Van Remoortel, V., Danthine, S., Paquot, M., & Blecker, C., (2011).** Flaxseed proteins: food uses and health benefits. *International journal of food science & technology*, 46(2), 221-228.
- Raiffaud , C., Philippe, D. , Martine , F.,(2017).**Transformer les produits laitiers frais à la ferme: 3e édition mise à jour Guide pratique. Educagri éditions. P 53.
- Roy, H., Lundy, S., Eriksen, C., (2007).**, Healthier lives through education in nutrition and preventive medicine. Flaxseed a Review of health benefits. *Pennington Nutrition Series*, (5), 1-4.
- Salvador, F., Forza, C., & Rungtusanatham, M., (2002).** Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions. *Journal of operations management*, 20(5), 549-575.
- Savoire, R.,(2008).** Étude multi-échelles de la séparation solide-liquide dans la trituration du lin oléagineux, Thèse de doctorat (Université de Technologie, Compiègne), p11.
- Senoussi, A., (2008).** Caractérisation de l'élevage bovin laitier dans le Sahara: Situation et perspectives de développement. In *Colloque International «Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives»*, Alger (pp. 20-21).
- Scriban,R., (1999).** Biotechnologie. Edition. Tec et Doc, Lavoisier. Paris. p1042

-
- Sun, X., Zhang, L., Li, P., Xu, B., Ma, F., Zhang, Q., & Zhang, W., (2015).** Fatty acid profiles based adulteration detection for flaxseed oil by gas chromatography mass spectrometry. *LWT-Food Science and Technology*, 63(1), 430-436.
- Tzang, B., S, Yang S., F., Fu S., G., Yang, H.,C., Sun H., L., Chen.,Y.C.,(2009).** Effects of dietary flaxseed oil on cholesterol metabolism of hamsters. *Food Chemistry*, 114, 1450-1455.
- Vaisey-Genser, M. A., Morris, D., (2003)** Introduction History of the cultivation and uses of flaxseed. dans : *Flax, The genus Linum*. Eds Muir, A. D., Wescott, N. D., CRC Press, 34, pp 1-22 .
- Van Zeiste, W., (1972)** Palaeobotanical results in the 1970 seasons at Cayonu, Turkey. *Helinium*, 12(1),3-19.