

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEINGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABOUBAKR BELKAÏD – TLEMCEM –
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA
TERRE ET DE L'UNIVERS**

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



MEMOIRE

Présenté par

MAHAMDAOUI Marwa

MENFAD Hanane

En vue de l'obtention du diplôme de Master

En Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

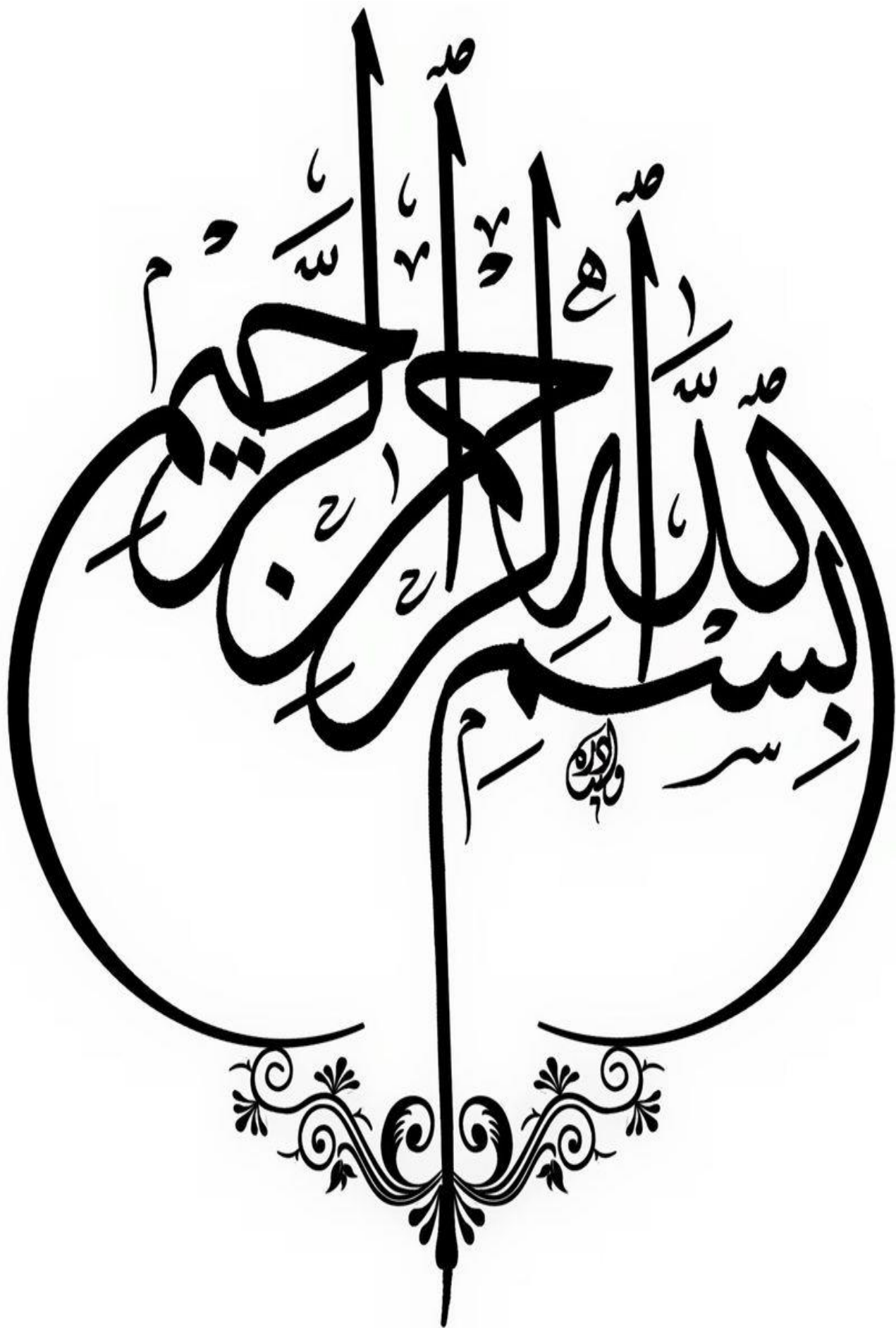
Thème

**Valorisation d'un lactosérum dans la fabrication d'un
yaourt**

Soutenue le 25/06/2025 devant le jury composé de :

Présidente	Mme ADIDA Houria	MCA	Université de Tlemcen
Examinatrice	Mme GHANEMI Fatima Zohra	MCA	Université de Tlemcen
Encadrante	Mme MERGHACHE Salima	Pr	Université de Tlemcen

Année universitaire : 2024/2025



Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant, et nous louons la lumière, la paix que nous avons aidé à accomplir cette recherche, les valeurs, notre patience, notre détermination et la force à la dignité de ce long voyage et à réaliser ce qui était hier est un rêve.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Madame Merghache Salima, notre encadreur, pour sa précieuse aide, ses conseils éclairés, sa disponibilité et son accompagnement tout au long de ce travail.

Nous remercions également les membres du jury, Madame Adida Houria et Madame Ghanemi Fatima Zohra, pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire et pour leurs remarques constructives.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous les membres du Laboratoire de Chimie Inorganique et Environnement pour leur accueil chaleureux, leur assistance technique, et l'ambiance de travail agréable qui a grandement facilité la réalisation de cette étude.

Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance à toutes les personnes qui nous ont accueillis au sein de leurs usines, pour leur disponibilité, leur soutien et leur précieuse collaboration.

Enfin, nous sommes profondément reconnaissantes envers toutes celles et ceux qui nous ont soutenus, de près ou de loin, matériellement ou moralement. Leur appui a été précieux pour surmonter les difficultés et mener à bien ce travail.



Dédicaces

Je dédie ce travail

*A mes très chers parents qui m'ont soutenu et encouragé
durant toutes mes études :*

*Merci pour le bonheur, les valeurs et l'éducation que vous
m'avez procuré*

*A mes deux frères que j'aime beaucoup, Amine et
Zakaria*

*A mes tantes Houria et Zobida pour leur support
inconditionnel*

A mes chers grandes-mères Rabha, Fatima et Khadidja

A mes cousines Meriem, Sabaa

A toute ma famille

Hanane



Dédicaces

À toi, ma mère,

Toi qui as été le cœur battant de ma force, la douceur dans mes silences, et la lumière dans mes nuits de doute. Tes prières, ton amour inépuisable et ton soutien silencieux m'ont accompagnée à chaque pas. Ce travail est avant tout le fruit de ton dévouement et de ton courage. À toi, je dois plus que des mots ne peuvent exprimer.

À toi, mon père,

Exemple de persévérance, de sagesse et de générosité. Ton regard confiant, ton calme rassurant et ton appui constant ont été pour moi une source de stabilité et d'inspiration. Merci pour ton sacrifice discret et ton amour pudique, mais si profond.

À ma sœur Douaa,

Ta tendresse, ton écoute et ta bienveillance m'ont souvent redonné le sourire lorsque le poids du travail devenait lourd. Ta simple présence a été un baume pour mon esprit.

À ma sœur Asma,

Merci pour ton soutien enthousiaste, ta bonne humeur communicative et ta foi inébranlable en moi. Tu m'as rappelé que même dans l'effort, la joie et la légèreté ont leur place.

Merci à tous ceux qui m'ont soutenu et ont relevé le moral et ont essayé avec moi de terminer ma carrière décisive et de me tenir avec moi des moments, que ce soit de près ou loin, que ce soit un soutien matériel ou moral. Vos efforts ne sont pas oubliés, même petits.

Marwa

تركز هذه المذكرة على تثمين مصل اللبن، وهو منتج ثانوي لصناعة الجبن، من خلال دمجها في تركيبة زبادي شرب. وحرصاً على الاستدامة والابتكار، استُبدل مصل اللبن جزئياً بالحليب في الوصفة، مع إضافة مسحوق الحليب. ولإثراء المنتج النهائي بالألياف والسكريات الطبيعية ومضادات الأكسدة، استُخدمت مكونات وظيفية مثل دبس التمر وبذور الشيا وبذور الكتان وهريس الجزر. وأُجريت تحاليل فيزيائية وكيميائية (درجة الحموضة، الحموضة، المادة الجافة، الرماد، المادة العضوية، محتوى البروتين والبكتين، إلخ)، بالإضافة إلى تقييم حسي لتحديد مدى قبول المنتج لدى المستهلكين. وأظهرت النتائج أن دمج مصل اللبن، مع مكونات غنية بالعناصر الغذائية، يُنتج زبادي شرب يتمتع بخصائص غذائية وحسية جيدة، مع تعزيز قيمة هذا المنتج الثانوي المُهدر في كثير من الأحيان.

الكلمات المفتاحية : تثمين، مصل اللبن، زبادي للشرب، الاغذية الوظيفية، التحليلات

Résumé

Ce mémoire porte sur la valorisation du lactosérum, sous-produit de l'industrie fromagère, à travers son incorporation dans la formulation d'un yaourt à boire. Dans un souci de durabilité et d'innovation, le lactosérum a été partiellement substitué au lait dans la recette, en combinaison avec de la poudre de lait. Pour enrichir le produit final en fibres, sucres naturels et antioxydants, des ingrédients fonctionnels tels que le sirop de dattes, les graines de chia, de lin et de la purée de carottes.

Des analyses physico-chimiques (pH, acidité, extrait sec, cendres, matières organiques, protéine et teneur en pectines...) ont été réalisées, ainsi qu'une évaluation sensorielle pour déterminer l'acceptabilité du produit par les consommateurs. Les résultats ont montré que l'incorporation du lactosérum, combinée à des ingrédients riches en nutriments, permet d'obtenir un yaourt à boire ayant de bonnes qualités nutritionnelles et sensorielles, tout en valorisant un sous-produit laitier souvent gaspillé.

Les mots clés : valorisation, lactosérum, yaourt à boire, les aliments fonctionnels, les analyses.

Abstract

This thesis focuses on the valorization of whey, a by-product of the cheese industry, through its incorporation into the formulation of a drinking yogurt. In a spirit of sustainability and innovation, whey was partially substituted for milk in the recipe, in combination with milk powder. To enrich the final product with fiber, natural sugars, and antioxidants, functional ingredients such as date syrup, chia and flax seeds, and carrot purée were also added.

Physicochemical analyses (pH, acidity, dry matter, ash, organic matter, protein, and pectin content, etc.) were carried out, as well as a sensory evaluation to assess consumer acceptability. The results showed that the incorporation of whey, combined with nutrient-rich ingredients, yields a drinking yogurt with good nutritional and sensory qualities, while also valorizing a dairy by-product that is often wasted.

The keywords: valorization, whey, yogurt, functional food, the analyses.

II. Liste des figures

Figure 1: composition du lait (Sylvie & Bourdier, 2011).....	5
Figure 2 : structure d'un globule matière grasse(AMIOT, et al., 2002).....	6
Figure 3: diagramme générale de fabrication des yaourts étuvé et brassé (Bousslimani & Chafai, 2023).....	17
Figure 4: Graines de chia (a gauche) et graines de chia après trempage dans l'eau. (Din, et al, 2021)	21
Figure 5: fleur de lin (A),capsules à maturité (B) et leur contenu en graines (C) (Wikipédia, S.D)	23
Figure 6: coupe longitudinal et transversale de la structure de la carotte (Boulariah & Boukela, 2019)	26
Figure 7: diagramme de fabrication du yaourt a base de lactosèrum et aliments fonctionnelles	31
Figure 8: resultats du pH des quatre yaourts	40
Figure 9: resultats du l'acidité (D°) des quatre yaourts	41
Figure 10: resultats de masse volumique des quatre yaourts	41
Figure 11: résultats de teneur en EST(%) des quatre yaourts	42
Figure 12 : résultats de teneur en humidité(%) des quatre yaourts	43
Figure 13: résultats de teneur en cendres(%) des quatre yaourts	43
Figure 14: la teneur en pectine (g/100ml) des quatre yaourts.....	44
Figure 15: les résultats de l'évaluation de la couleurs des yaourts préparées.....	45
Figure 16: les resultats de l'evaluation de l'odeur des yaourts préparès	46
Figure 17: les resultats de l'èvaluation du gout des yaourts prèpares.	46
Figure 18: les resultats de l'èvaluation de l'acidité des yaourts prèpares	47
Figure 19: les rèsultats de l'èvaluation de la texture des yaourts prèparès	47
Figure 20: les resultats de l'èvaluation de la consistances des yaourts prèparès	48

III. Liste des tableaux

Tableau 1 :paramètres et propriétés physico-chimiques du lait(AMIOT, et al., 2002)	8
Tableau 2 :composition moyenne d'un lactosèrum doux et d'un lactosèrum acide (YOUSSEF & YOUSFI, 2024).....	12
Tableau 3 : composition nutritionnelle de diffèrent variété de yaourt (pour 100 g)(consultant, 2013)	16
Tableau 4 : composition des graines de chia (Machou & Merakha, 2021)	21
Tableau 5 : composition chimique des grains de lin(Nacer & Tigrine, 2020).....	23
Tableau 6 : bienfaits du lin pour la santé. (CHERABI, et al, 2022)	23
Tableau 7 : composition biochimique de sirop de datte commerciale (Ziad & Meddas, 2023)	24
Tableau 8 : composition biochimique pour 100 g de carotte. (Boulariah & Boukela, 2019)..	27
Tableau 9 : résultats des analyses physico-chimiques de lactosèrum.....	38
Tableau 10 : resultats d'analyses physico-chimiques des quatre yaourts.....	39
Tableau 11 : la présence de protéines dans les yaourts.	44

IV. Liste des abréviations

pH: Potentiel hydrogen

CO₂:Dioxyde de Carbone

C°: Degré Celsius

FAO: Food and agriculture organization

DCO : demande chimique en oxygène

DBO : Demande biologique d'oxygène

D° : Degré Dornic

EST: Extrait sec total

H : humidité

AFNOR: Association Française de Normalisation

Table de matière

Table des matières

Remerciements.....	3
Dédicaces	4
Dédicaces	5
الملخص.....	6
II. Liste des figures.....	9
III. Liste des tableaux.....	10
IV. Liste des abréviations.....	11
Introduction Générale	1
Synthèse bibliographique	
Chapitre 1 : Généralités sur le lait.....	4
1.1. Définition :	4
1.2. La source :	4
1.2.1. Source végétal :	4
1.2.2. Source animale :	4
1.3. La composition et les propriétés nutritionnelles du lait :	4
1.3.1. L'eau :.....	5
1.3.2. Les glucides :	5
1.3.3. La matière grasse:	5
1.3.4. Les protéines :	6
1.3.5. Les minéraux :	6
1.3.6. Les vitamines :	6
1.4. Les propriétés physico-chimiques du lait :	7
1.4.1. pH :.....	7
1.4.2. Acidité :	7
1.4.3. Densité :	7
1.4.4. Point de congélation :	7
1.4.5. Point d'ébullition :	8
1.4.6. Masse volumique :	7
1.5. Les produits laitiers fermentés :	8
1.5.1. Le lait fermenté :	8
1.5.2. Yaourt :	8

Table de matière

1.5.3. Fromage :	8
1.5.4. Rayeb :	9
Chapitre 2 : Lactosérum	11
2.1. Origine du lactosérum :	11
2.2. Définition du lactosérum :	11
2.3. Types du lactosérum :	11
2.3.1. Lactosérum doux :	11
2.3.2. Lactosérum acide :	11
2.4. Composition du lactosérum :	11
2.5. Le pouvoir polluant du lactosérum :	12
2.6. Valorisation du lactosérum :	12
2.7. Domaine d'utilisation du lactosérum :	13
2.7.1. Utilisation en alimentation humaine :	13
2.7.2. Utilisation en alimentation animale :	13
Chapitre 3 : Le yaourt	15
3.1. Définition :	15
3.2. Types de yaourt :	15
3.3. Composition du yaourt :	15
3.4. Processus de fabrication du yaourt :	16
3.4.1. Le chauffage et la pasteurisation du lait :	16
3.4.2. Le refroidissement de lait :	16
3.4.3. L'ensemencement du lait en ferments :	16
3.4.4. La mise en pots et le passage à l'étuve :	16
3.4.5. Le stockage en chambre froide :	17
3.5. Les intérêts nutritionnelle et thérapeutique du yaourt :	18
3.5.1. Intérêts nutritionnelle :	18
3.5.2. Intérêts thérapeutique :	18
Chapitre 4 :Généralités sur les aliments fonctionnels	20
4.1.1. Définition de chia :	20
4.1.2. Description botanique :	20
4.1.3. Composition de chia:	21
4.1.4. Les bienfaits sur la santé :	21
4.2. Généralités sur les graines de lin	22
4.2.1. Définition de graines de lin :	22

Table de matière

4.2.2.	Description botanique :	22
4.2.3.	Composition de graines de lin:.....	23
4.2.4.	Bienfaits pour la santé :.....	23
4.3.	Généralités sur les dattes :.....	24
4.3.1.	Définition des dattes :.....	24
4.3.2.	Composition biochimique de sirop de dattes :	24
4.3.3.	Préparation de sirop de dattes :	25
4.3.4.	Utilisation de sirop de dattes :.....	26
4.4.	Généralités sur les carottes :.....	26
4.4.1.	Définition des carottes :.....	26
4.4.2.	Composition des carottes :	26
4.4.3.	Intérêts des carottes :.....	27
4.4.4.	Utilisation et bienfait des carottes :.....	28
Partie expérimentale	31
1.	L'objectif de travail :.....	30
2.	Matériels et méthodes :	30
1.	Analyse physicochimique du lactosérum et des yaourts :.....	34
VII.	Analyse sensorielle :.....	35
Resultats et discussions	40
Bibliographie	54



Introduction

Générale



Actuellement, les déchets produits par les secteurs agroalimentaires ne cessent d'augmenter, un phénomène amplifié par la diversité des produits alimentaires proposés aux consommateurs. Leur gestion, essentielle tant sur le plan environnemental qu'économique, revêt une importance croissante face à leur impact négatif sur l'environnement.

L'industrie laitière génère une grande variété de sous-produits au cours de ses activités agroalimentaires.

Parmi les sous-produits générés par l'industrie laitière, on a le lactosérum, ou "petit lait", sous-produit de l'industrie fromagère. La production d'un kilogramme de fromage nécessite environ 10 litres de lait, dont près 90% se transforment en lactosérum, soit environ de 9 litres (Eric, 2005). Il y a quelques décennies, le lactosérum représentait un problème majeur pour les industries laitières, souvent éliminé avec les eaux usées, créant des risques environnementaux à cause de sa richesse en composés organique (Jolanta, et al, 2016).

Ce liquide riche en protéines, lactose, minéraux et vitamines hydrosolubles présente un potentiel important pour les applications alimentaires et industrielles.

Aujourd'hui, grâce à des recherches et innovations, il est transformé en divers produits alimentaires tels que des poudres protéinées et des boissons enrichies, contribuant ainsi à la réduction du gaspillage alimentaire et à l'optimisation des ressources (Smithers, 2008).

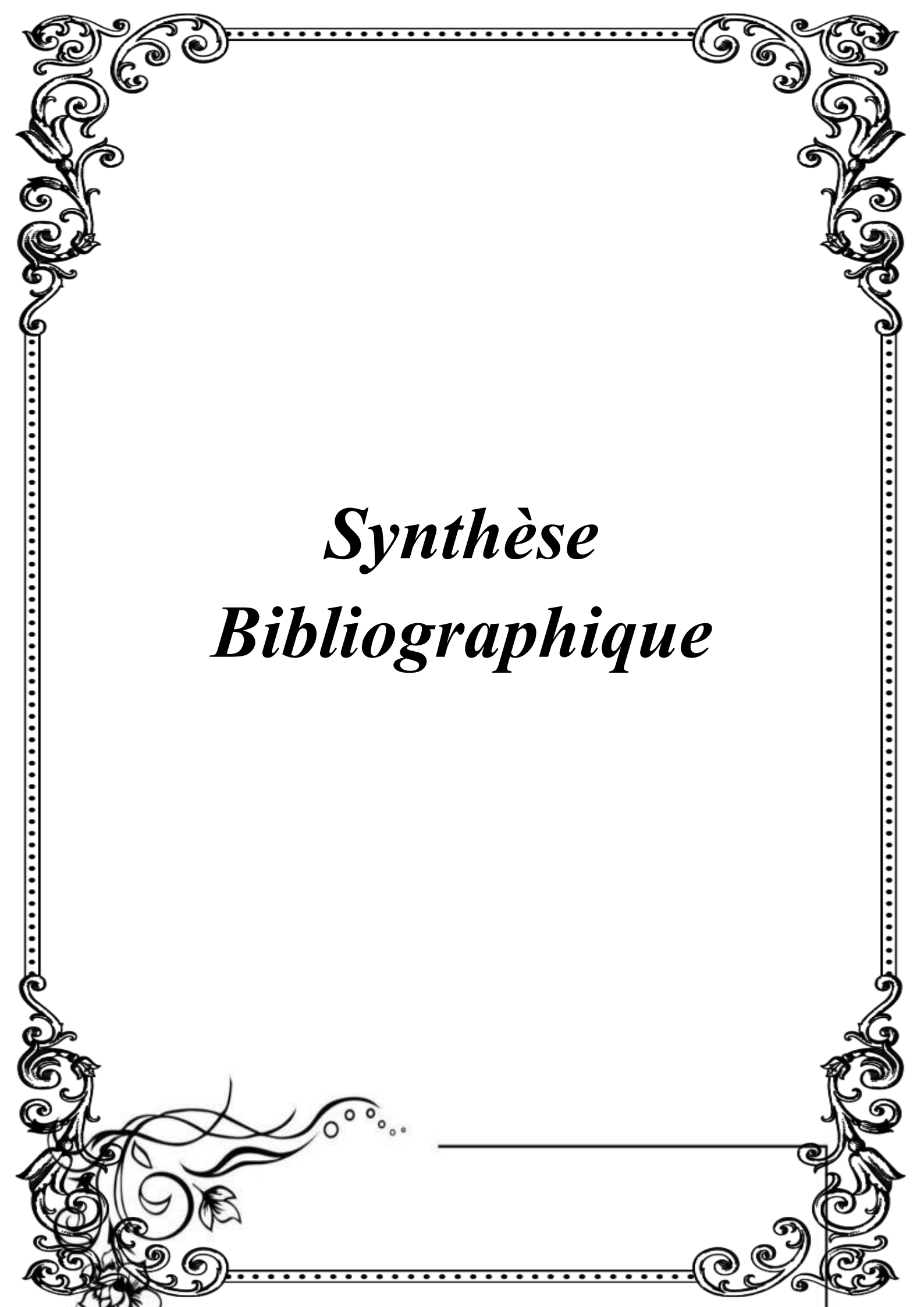
Dans ce contexte, nous avons opté pour le choix de ce thème qui contribue à la valorisation d'un sous-produit disponible localement et qui fait l'objet d'un rejet dans la nature et qui menace l'environnement.

Notre étude a pour but d'utiliser le lactosérum comme un ingrédient essentiel dans la fabrication d'un « yaourt à boire, et de l'enrichi en graines de chia, graines de lin, sirop de dattes et purée de carottes, tout en optimisant ses propriétés nutritionnelles et organoleptiques.

Afin de répondre à cet objectif, nous avons structuré ce mémoire comme suit :

- Une première partie consacrée à une synthèse bibliographique présentant des généralités sur le lait, le lactosérum, le yaourt et les aliments fonctionnels utilisés dans le yaourt.
- Une deuxième partie expérimentale contenant: une présentation du matériel, les méthodes d'analyses et de préparation des produits.
- Une dernière partie rapporte les résultats et discussion des analyses physico-chimiques et sensorielles.

Enfin une conclusion dans laquelle on présente l'essentiel des résultats obtenus au cours de notre présent travail et nous terminons par des perspectives.



Synthèse
Bibliographique



Chapitre 1 : Le lait



Chapitre 1 : Généralités sur le lait

1.1. Définition :

Le lait est la sécrétion naturelle des mammifères de rente obtenue suite à une ou plusieurs traites, sans aucune modification, et est destiné à être consommé sous forme liquide ou à subir un traitement ultérieur (Codex). Le lait est une substance blanche et légèrement visqueuse, dont la composition et les propriétés physico-chimiques fluctuent considérablement en fonction des espèces animales, et même des races. Ces propriétés changent également pendant la période de lactation, ainsi que lors de la traite. (Hammou-tani, 2016).

1.2. La source :

1.2.1. Source végétal :

Un lait végétal est fabriqué à partir de plantes (principalement des céréales ou des oléagineux), dans le but de substituer le lait d'origine animale. Ils sont similaires au lait de vache en termes de consistance et peuvent être utilisés de la même manière. On désigne donc ces laits végétaux sur le marché comme des « boissons » à base de riz, de soja ou d'amande. Le lait végétal s'avère être une option intéressante pour les personnes allergiques ou intolérantes au lactose du lait de vache, ainsi que pour celles qui présentent un taux élevé de cholestérol. Ils présentent également des caractéristiques nutritives variées telles que : des vitamines A, B et E, une forte teneur en calcium, fer et magnésium ainsi que des fibres... (Baghli, 2021).

1.2.2. Source animale :

Tous les laits de mammifères possèdent une composition nutritionnelle similaire. Il est recommandé d'opter pour le lait de chèvre ou de brebis, principalement en raison de leur profil en acides gras et leur équilibre minéraux et calcium, mais surtout pour les éléments favorisant la croissance qu'ils procurent. Le lait de brebis, qui est particulièrement riche en nutriments et moins en eau (Baghli, 2021).

1.3. La composition et les propriétés nutritionnelles du lait :

Le lait constitue un aliment complet en raison de sa teneur élevée en nutriments essentiels, incluant des protéines de qualité supérieure, des lipides, ainsi que des minéraux et vitamines importants tels que le calcium, le magnésium et la vitamine B12 (FAO).

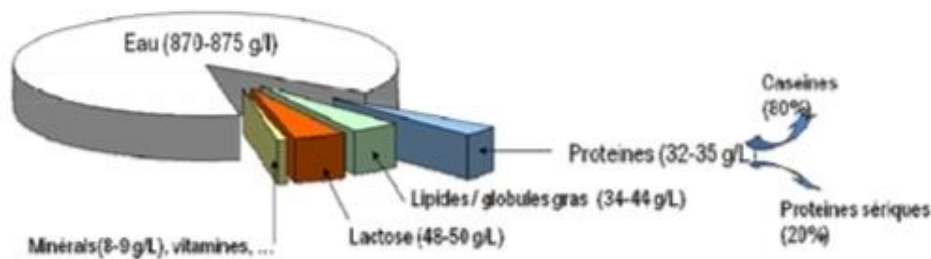


Figure 1: composition du lait (Sylvie & Bourdier, 2011).

1.3.1. L'eau :

Est le principal constituant du lait, représentant environ 87 % de sa composition totale. Elle joue un rôle fondamental dans le transport et la solubilisation des nutriments, influençant ainsi les propriétés fonctionnelles et microbiologiques du lait (Fox, P.F, et al, 2015).

1.3.2. Les glucides :

Le lactose représente le glucide, ou hydrate de carbone, principal du lait, car il constitue près de 40% des solides totaux. Il est possible de trouver d'autres glucides en petites proportions, tels que le glucose et le galactose qui seraient issus de l'hydrolyse du lactose ; de plus, certains glucides pourraient s'associer aux protéines. Le lait a environ 4,8% de lactose, la poudre de lait écrémé en contient 52%, alors que la poudre de lactosérum en renferme près de 70%(Amiot, et al ,2002)

1.3.3. La matière grasse :

Il renferme en moyenne 40 g de graisses pour chaque kilogramme. Ces dernières contiennent 97% de triglycérides et 1% de phospholipides, tandis que le surplus est composé de stérols et de vitamines liposolubles. Un triglycéride se compose de trois acides gras reliés à une molécule de glycérol (Rouillé, et al,2011).

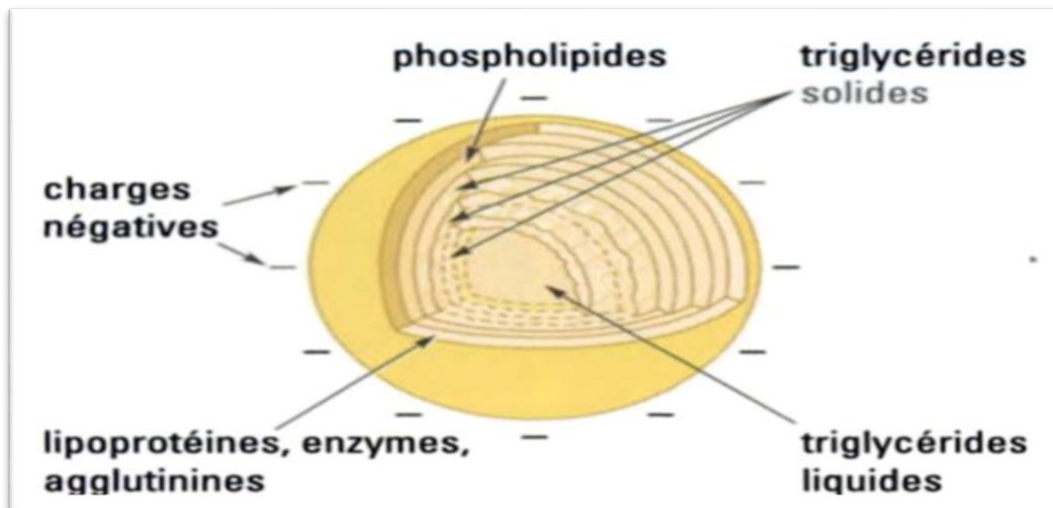


Figure 2 : structure d'un globule matière grasse (Amiot, et al, 2002).

1.3.4. Les protéines :

Elles jouent un rôle crucial dans le fonctionnement optimal des cellules vivantes. Ces derniers constituent une portion significative du lait et des produits dérivés. Dans le lait, près de 95 % de l'azote total se trouve sous forme protéique, avec une teneur moyenne de 3,2 %. Outre les protéines, le lait renferme également des composés azotés non protéiques tels que les protéoses, les peptides et l'urée.

Les deux catégories de protéines présentes dans le lait :

- a. Les caséines : Il s'agit de protéines colloïdales présentes en suspension dans le lait. Elles se transforment en micelles et précipitent sous l'effet de la présure ou lors de l'acidification à un pH approximatif de 4,6.
- b. Les protéines du sérum (aussi appelées protéines du lactosérum) : Elles se trouvent en suspension colloïdale et se précipitent lorsqu'elles sont exposées à la chaleur (Amiot, et al, 2002).

1.3.5. Les minéraux :

Les composants minéraux du lait Malgré leur représentation minimale (moins de 7% de la matière sèche), les minéraux présents dans le lait jouent un rôle crucial tant d'un point de vue physicochimique, technologique que nutritionnel. Ils prennent part à la structuration micellaire des caséines. Ils déterminent plusieurs caractéristiques du lait, notamment sa capacité à produire une vaste gamme de textures fromagères. De plus, la présence élevée de calcium et de phosphore dans le lait et ses produits dérivés leur attribue une grande valeur nutritive, particulièrement pour la croissance des jeunes (Thomas, et al, 2008).

1.3.6. Les vitamines :

Elles sont essentielles au bon déroulement des processus vitaux, cependant l'organisme humain ne peut pas les produire, il est donc obligé de les obtenir par le biais de l'alimentation. Sont classées en deux principales catégories :

- a. Les vitamines hydrosolubles (groupe B et C) contenues dans la phase aqueuse du lait

b. Les vitamines liposolubles (A, D, E et K) qui se lient à la graisse, certaines se trouvent au cœur du globule gras tandis que d'autres sont situées à sa périphérie (Pougheon, 2001).

1.4. Les propriétés physico-chimiques du lait :

Les majeures caractéristiques physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont : pH, acidité titrable, densité, point de congélation, point d'ébullition, masse volumique (Amiot, et al, 2002). Les propriétés physico-chimiques du lait et de ses dérivés constituent un facteur clé dans l'optimisation des procédés technologiques visant leur transformation et leur stabilisation. Elles résultent soit de l'ensemble des constituants dissous et dispersés dans la phase aqueuse comme dans le cas de la masse volumique soit de certains composants spécifiques, influençant des paramètres tels que la pression osmotique ou le point de congélation (Thomas, et al, 2008).

1.4.1. pH :

Le PH de lait de vache fraîchement trait est légèrement inférieur à la neutralité .un faible changement du pH vers l'acidité a des effets important sur l'équilibre minéral et la stabilité de la suspension colloïdale de caséine (Alais & Linden, 1997). Contrairement à l'acidité titrable, le pH du lait se confiné entre 6.6 et 6.8. Le pH mesure la concentration des ions hydrogènes (H⁺), et non la concentration de tous les composés acides (Vingola, 2002).

1.4.2. Acidité :

L'acidité naturel est spécialement assistance aux protéines, notamment les caséines et la lactalbumine ainsi qu'aux substances minérales comme les phosphates, le CO₂, et aux acides organiques principalement l'acide citrique (Amiot, et al, 2002). L'acidité se mesure en degrés dornic, une unité qui correspond aux décigrammes d'acide lactique par litre. (Vesseyre, 1979). La présencede bactérie lactique provoque une augmentation de l'acide lactique, ce qui crée une acidité supplémentaire qualifiée d'acidité développée.

1.4.3. Densité :

La densité du lait est aussi attachée à sa teneur en solides non gras. Un lait pauvre en matière sèche aura une faible densité (Goursoud, 1985). Plus un lait contient un pourcentage élevé en matière grasse, plus sa densité sera faible (Amiot, et al, 2002). La densité du lait varie entre 1,028 et 1,031 à une température de 15 à 20 °C, et ne doit pas être inférieure à 1,028. Celle du lait écrémé est généralement supérieure à 1,035. Un lait à la fois écrémé et dilué peut toutefois présenter une densité dans la norme, ce qui peut masquer une éventuelle fraude (Labioui, et al, 2008).

1.4.4. Point de congélation :

En règle générale toute modification dans la composition du lait cru ou les traitements qui affectent leurs quantités entraînent un changement du point de congélation (Mathiou, 1999). Le point de congélation du lait est légèrement plus bas que celui de l'eau en raison de la présence de substances dissoutes, ce qui entraîne une diminution de ce point. Il varie généralement entre -0,530 °C et -0,575 °C, avec une moyenne de -0,555 °C. Un point de congélation supérieur à -0,530 °C peut indiquer une éventuelle addition d'eau au lait (Vingola, 2002)

1.4.5. Point d'ébullition :

Le point d'ébullition correspond à la température à laquelle la pression de vapeur d'une substance ou d'une solution devient égale à la pression exercée sur celle-ci. Comme le point de congélation, il est affecté par la présence de substances dissoutes. Ainsi, le point d'ébullition d'une solution est légèrement supérieur à celui de l'eau pure, atteignant environ 100,5 °C. Étant donné que cette température diminue lorsque la pression baisse, ce principe est utilisé dans les procédés de concentration du lait (Bourgeois, 1996).

1.4.6. Propriétés physicochimiques du lait

Les propriétés physiques du lait se modifient en fonction de la température (Vingola, 2002).

Tableau 1 : Propriétés physicochimiques du lait (*Amiot, et al, 2002*).

Propriété	Valeur
pH	6,5 à 6,7
Acidité titrable °D	15 à 18
Densité	1,028 à 1,036
Point de congélation (°C)	-0,530 à - 0,555
Point d'ébullition (°C)	100,5

1.5. Les produits laitiers fermentés :

Les produits laitiers fermentés sont issus de laits entiers qui ont été légèrement concentrés (Alais, et al, 2002). Les produits laitiers fermentés se différencient des fromages en ce que leur coagulation est provoquée uniquement par l'action des bactéries lactiques, sans intervention de présure ni étape d'égouttage (Michel, 2002). Nous en mentionnons plusieurs produits fermentés comme : le lait fermenté, le yaourt, le fromage, le leben, le rayeb ...

1.5.1. Le lait fermenté :

Le processus de fabrication des laits fermentés est identique. C'est uniquement les paramètres de fermentation tels que la température, la durée et le taux d'ensemencement, qui changent ces produits ont une durée de conservation réfrigérée de 24 jours (Anonyme, 1997).

1.5.2. Yaourt :

Selon la norme n° A-11 (a) (1975) du (Codex a.), le yaourt est défini comme suit : Le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus Bulgaricus* et de *Streptococcus thermophiles*, et ce, à partir du lait frais ou pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) (FAO, 1995).

1.5.3. Fromage :

Le fromage désigne une catégorie de produits alimentaires issus de la fermentation du lait, et se décline en une grande diversité de saveurs et de formes à travers le monde (Fox, et al, 2004). Selon la définition du codex alimentaire (Codex a.) Le fromage est un produit laitier,

qu'il soit affiné ou non, ayant une consistance molle, semi-dure, dure ou extra-dure. Il peut être enrobé, et son rapport protéines de lactosérum/caséine ne doit pas dépasser celui du lait.

1.5.4. Rayeb :

Le rayeb, aussi appelé lait caillé, est un produit qui n'a pas été préalablement chauffé .il est laissé à fermenter à température ambiante pendant une période variant de 24h à 72h selon la saison.



Chapitre 2 : Le lactosérum



Chapitre 2 : Le lactosérum**2.1.Origine du lactosérum :**

Il y a plus de 3000 ans avant J.C., le lactosérum a été découvert par des Bédouins qui transportaient du lait. Ils ont remarqué que la coagulation provoquée par l'acidification et la chaleur conduisait à la formation d'une phase liquide au-dessus du caillé de lait. Pendant longtemps, le lactosérum, également connu sous le nom de petit lait, a été considéré comme un déchet encombrant provenant des fromageries et des caséineries. À l'époque, son usage était limité à nourrir le bétail et à fertiliser les terres agricoles (Pierre, et al, 2004).

2.2.Définition du lactosérum :

Le lactosérum est le produit laitier liquide obtenu durant la fabrication du fromage, de la caséine ou de produits similaires par séparation du caillé après coagulation du lait et/ ou des produits dérivés du lait. La coagulation est principalement obtenue par l'action d'enzymes de type présure (Codex a.). En général, environ 9kg de lactosérum sont produits pour chaque kilogramme de fromage à pâte pressée fabriqué, et il se présente sous forme liquide avec une couleur variant du jaune au vert (Germaine, 2017).

2.3.Types du lactosérum :**2.3.1. Lactosérum doux :**

Le lactosérum doux est obtenu principalement lors de la fabrication de fromages où la coagulation de la caséine est induite par la présure (enzyme). Ce type de lactosérum est caractérisé par un pH d'environ 6,5. Il contient une forte proportion de lactose (46 à 52 g/L) ainsi qu'une quantité importante de calcium et de phosphates(Angela, 2017).

2.3.2. Lactosérum acide :

Le lactosérum acide est issu de la coagulation du lait par acidification (pH inférieur à 5), provoquée par des acides organiques ou par fermentation. Il se distingue du lactosérum doux par son acidité plus élevée (pH d'environ 4,5) et par un contenu minéral (calcium et phosphates) plus faible(Angela, 2017).

2.4.Composition du lactosérum :

Les différents constituants du lactosérum sont listés dans le tableau 2.

Tableau 2 : composition moyenne d'un lactosérum doux et d'un lactosérum acide (Youssef & Yousfi, 2024).

Paramètre	Lactosérum doux	Lactosérum acide
Eau (%)	93,5	94
Extrait sec (%)	6,5	6
pH	6,70	4,6
Composition (g/L)		
Lactose	76	74
Protéines	13,50	12,00
Cendres	8,00	12,00
Acide lactique	<1,8	>1,8
Calcium	0,6	Jusqu'à 1,8- 2,0
Phosphore	0,6	1,50
Chlorure de sodium	2,50	7,50

Le lactosérum compose approximativement 90 à 95 % du lait et conserve près de 55 % de ses nutriments. Les éléments les plus présents sont le lactose (4,5 à 5,0 % p/v), les protéines solubles (0,6 à 0,8 % p/v), les lipides (0,4 à 0,5 % p/v) et les sels minéraux (8 à 10,0 % p/v d'extrait sec). Parmi les sels présents dans le lactosérum, on trouve principalement du NaCl et du KCl (qui représentent plus de 50% du total), ainsi que des sels de calcium, essentiellement sous forme de phosphate. Il renferme aussi de l'acide lactique (0,05 % p/v) et de l'acide citrique, des composés azotés non protéiques tels que l'urée et l'acide urique, ainsi que diverses vitamines du groupe B, ect... (Spalatelu, 2012).

2.5. Le pouvoir polluant du lactosérum :

Le lactosérum de fromagerie est un sous-produit riche en protéines et en lactose de l'industrie fromagère. Il s'agit d'un substrat hautement biodégradable (~99 %), présentant une forte concentration organique (~70 g DCO/L) et une faible alcalinité. Toutefois, près de la moitié du lactosérum provenant de la production fromagère n'est pas traité et finit par être déversé dans les rejets industriels. Par conséquent, le lactosérum provenant des fromageries pose un défi environnemental majeur à cause de la grande quantité produite et de sa concentration élevée en matière organique, le lactose étant principalement à l'origine de la forte présence de DBO et DCO dans les environnements naturels contaminés. Le lactosérum, en raison de sa pollution organique élevée, a une demande biochimique en oxygène (DBO) de 30 - 50 g/L et une demande chimique en oxygène (DCO) variant de 60 à 80 g/L lorsqu'il est déversé dans les cours d'eau tels que ruisseaux ou rivières. Le lactose est en grande partie responsable de la DBO et de la DCO élevées. La récupération des protéines ne réduit la DCO du lactosérum que d'environ 10 g/L (Spalatelu, 2012).

2.6. Valorisation du lactosérum :

La valorisation du lactosérum se réalise en le transformant en produits à plus haute valeur économique. Cela est crucial pour éviter les coûts liés à son traitement ou à sa disposition. Le lactosérum non traité est souvent utilisé dans l'alimentation animale et la production de

boissons. Compte tenu du fait que la majorité des solides qu'il contient sont du lactose, des protéines solubles, ainsi que des vitamines et minéraux, diverses méthodes biotechnologiques et physicochimiques ont été mises en œuvre afin d'être employées comme substrat pour générer des produits industriels de valeur (Angela, 2017).

2.7. Domaine d'utilisation du lactosérum :

2.7.1. Utilisation en alimentation humaine :

Les domaines d'application incluent les boissons, les produits laitiers (tels que le fromage et le yaourt), les crèmes glacées, l'industrie de la boulangerie, les confiseries, la fabrication de biomasse et les articles cosmétiques. Le lactosérum, par la qualité fonctionnelle de ses composants, en particulier pour son action émulsifiante, moussante, gélifiante et sa capacité à retenir l'eau grâce à ses protéines, participe à l'amélioration de la qualité de différentes denrées alimentaires. Par ailleurs, sa riche composition en lactose le distingue comme un acteur clé dans le processus de brunissement enzymatique, très apprécié dans l'industrie de la boulangerie et biscuiterie. De plus, la poudre de lactosérum doux, utilisée comme composant, contribue à améliorer le goût, l'odeur et la consistance du produit final tout en augmentant sa valeur nutritive (Yelles-chaouche, 2002).

2.7.2. Utilisation en alimentation animale :

La principale utilisation des lactosérums est la nutrition des veaux, et de manière plus variable, l'alimentation animale dans son ensemble. De nombreuses équipes de recherche spécialisées dans ce domaine ont étudié cette utilisation croissante afin d'améliorer cette alimentation et réduire les troubles gastro-intestinaux, comme suit :

L'utilisation du lactosérum fermenté avec *Lactobacillus acidophilus* pour l'alimentation des veaux, les volailles et les porcs a montré une meilleure croissance sans aucun désordre gastro-intestinal.

L'ajout de protéines de lactosérum dans l'alimentation des bovins et des vaches laitières pour améliorer leur apport nutritif (Boulkroune & Debbah, 2019).



Chapitre 3 : Le yaourt



Chapitre 03 : Le yaourt

3.1.Définition :

Le yaourt est un aliment très nutritif obtenu par la fermentation du lait par des bactéries spécifique, riche en protéine et calcium (HN, 2004), le yaourt est un produit lactière fermenté obtenu grâce à la fermentation lactique réalisé par des bactéries thermophiles spécifique à savoir lactobacillus bulgaricus et streptococcus thermophilus qui agissent sur le lait et les produits lactières (Djellali, 2024).

3.2.Types de yaourt :

Il existe différents types de yaourt produit dans le monde selon les caractères suivants :

Selon la texture :(FAO, 1995) :

- yaourt ferme : appelé aussi yaourt traditionnel est obtenu par fermentation directement dans les pots après leur conditionnement
- yaourt brassé : la fermentation a lieu dans une consistance plus ou moins épaisse, puis mis en pots.
- yaourt à boire : c'est un yaourt liquide semblable à une boisson qui le distingue du yaourt brassé.

Selon le gout : il y a 3 types :(Chndan, 2017) :

- yaourt aromatisé : les arômes sont ajoutées avant la mise en pots , souvent sous forme de fruits au sirop ou de purée.
- yaourt sucrées : on ajoute généralement un agent sucrant comme le saccharose au yaourt.
- yaourt à faible teneur en sucre ou sans sucre :pour les yaourts « lights » on utilise des édulcorants non nutritifs.

Selon la teneur en matière grasse : aussi il y a 3 types selon le (FAO, 1995) :

- yaourt entier : il doit contenir au moins 3 % de matière grasse.
- yaourt partiellement écrémé : moins de 3 % de matière grasse.
- yaourt écrémé : 0.5% de matière grasse.

3.3.Composition du yaourt :

Le yaourt est un aliment lactière grandement nutritif et simplement consommable, riche en plus de dix nutriments indispensables, notamment certains minéraux et vitamines (Drissi & Dib, 2022).

Tableau 3: Composition nutritionnelle de différentes variétés de yaourt (pour 100 g)(consultant, 2013).

Composition	Yaourt entier	Yaourt partiellement écrémé	Yaourt écrémé	Yaourt à boire
Energie (kcal)	79	56	54	62
Protéine (g)	5.7	4.8	5.4	3.1
Sucres (g)	7.8	7.4	8.2	13.1
Matière grasse (g)	3.0	1.0	0.2	/
Calcium (mg)	200	162	160	100
Potassium (mg)	280	228	247	130
Acidité titrable	plus de 0.9	plus de 0.9	plus de 0.9	plus de 0.9

La composition de yaourt nutritionnelle peut varier selon les souches de cultures lactiques utilisées dans la fermentation, le type de lait (entier demi-écrémé ou écrémé), l'espèce d'origine du lait, l'extrait sec dégraissé, les édulcorants et les fruits ajoutés avant la fermentation ainsi que la durée du processus de fermentation (Mckinley, 2005).

3.4. Processus de fabrication du yaourt :

Le procédé de fabrication de yaourt est très simple et facile ; l'étape de fabrication passe par 7 phases : pasteurisation du lait, refroidissement à 43°C, ensemencement avec des ferments lactiques, mise en pots, passage à l'étuve, refroidissement puis stockage en chambre froide (Magali, 2012) :

3.4.1. Le chauffage et la pasteurisation du lait :

Le lait cru entier doit être pasteurisé, si possible, après traitement, placez le dans une grande casserole et chauffez le à 95°C puis maintenez cette température pendant 10 minutes : le brûleur étant éteint.

3.4.2. Le refroidissement de lait :

Il faut obligatoirement refroidir rapidement le lait à 43°C en plaçant la casserole dans un bain marie pour que la température chute rapidement.

3.4.3. L'ensemencement du lait en ferments :

Ensemencer le lait ainsi refroidi avec des ferments pour déclencher l'acidification (la dose de ferment est 60 à 80g de type streptococcus thermophile et lactobacillus bulgaricus pour 100 litre de lait) la durée de repose est de 2 heures. Le lait en poudre peut également être ajouté pour obtenir un produit plus errant et plus homogène.

3.4.4. La mise en pots et le passage à l'étuve :

Placer le mélange en pots en verre de 125g et fermer avec un couvercle hermétique après, placer le dans une étuve à 43°C pendant 3h.

3.4.5. Le stockage en chambre froide :

Après toutes ces étapes, les yaourts sont stockés en chambre froide à température entre 4°C et 6°C et peuvent être conservés par une DLC de 28 jours.

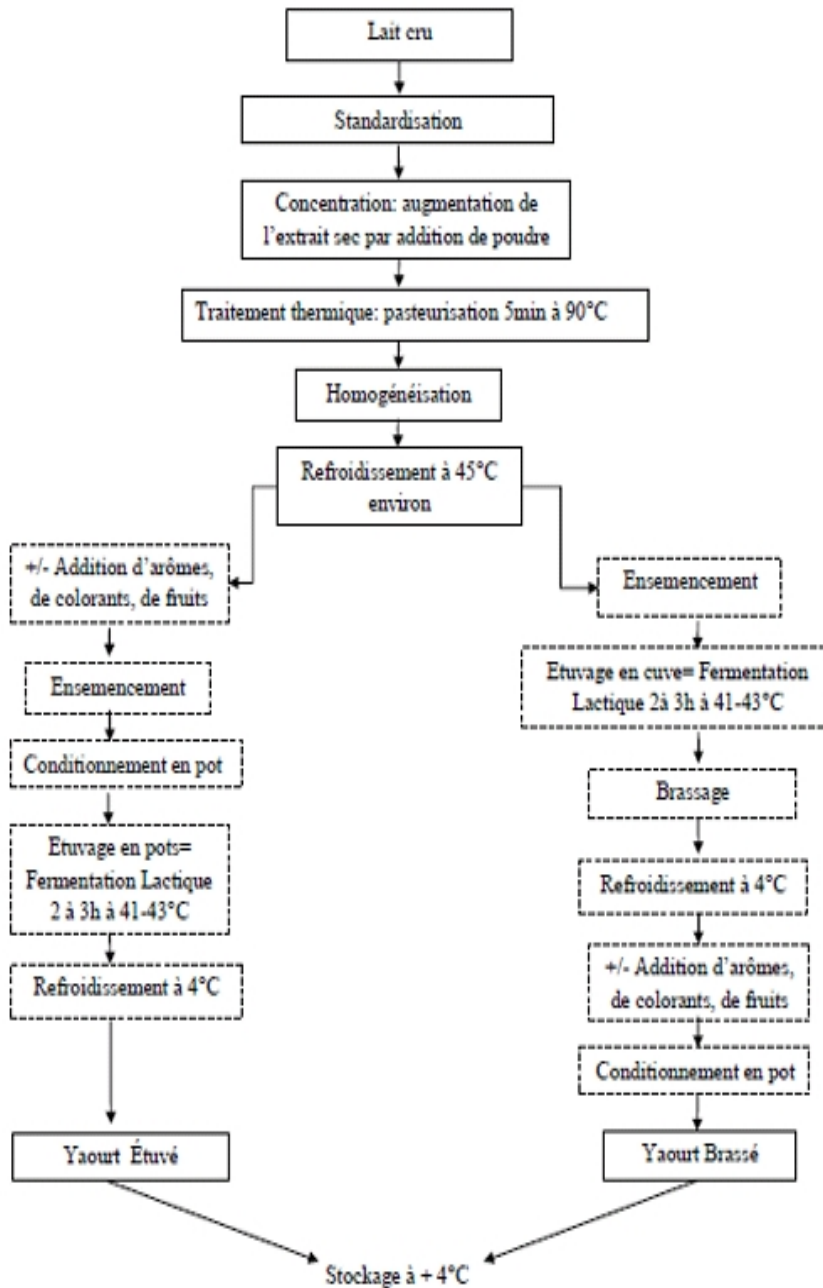


Figure 3: Diagramme généralde fabrication des yaourts étuvé et brassé (Bouslimani & Chafai, 2023).

3.5. Les intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt :**3.5.1. Intérêts nutritionnels :****a) Amélioration de l'absorption du lactose :**

La consommation de yaourt peut atténuer les symptômes de la malabsorption du lactose grâce aux ferments lactiques qui produisent la b β -galactosidase, une enzyme qui décompose le lactose (Coste, 1995).

b) Amélioration de la digestibilité de la matière grasse :

Malgré la faible activité lipolytique des bactéries lactiques, la quantité d'acides gras dans le yaourt augmente considérablement de plus, l'homogénéisation favorise la digestion en augmentant la surface de contact des graisses (Brulég, 2008).

c) Amélioration de la digestibilité des protéines :

Le yaourt est deux fois plus facile à digérer que le lait, car il contient des acides aminés libres, essentiels pour le corps. Ceci est dû à la protéolyse effectuée par les bactéries lactiques lors de la fermentation du lait (Mahaut, 2000).

3.5.2. Intérêts thérapeutiques :**a) Activité antimicrobienne :**

Le yaourt prévient les infections digestives grâce aux substances antimicrobiennes des bactéries lactiques, notamment l'acide lactique, qui abaisse le pH et inhibe les pathogènes (Brulég, 2008).

b) Stimulation du système immunitaire :

Le yaourt a une action immunorégulatrice grâce aux bactéries probiotiques (lactobacilles ou bifidobactéries). Sa consommation favorise la production d'interférons et d'immunoglobulines, ainsi que l'activation des lymphocytes B (Brulég, 2008).

c) Action préventive contre les cancers :

Le yaourt étudié depuis 1973, pourrait avoir des effets anticancéreux en stimulant l'immunité et en agissant sur la flore intestinale, potentiellement bénéfique pour les cancers colorectaux du sein et de la prostate (Desobry Banon, 1999), (Traore, 2011).

d) Action hypo-cholestérol :

La consommation de produits laitiers fermentés peut diminuer le cholestérol sanguin ce qui est bénéfique pour la santé cardiovasculaire (Brulég, 2008).



***Chapitre 4 : Généralités sur
les aliments fonctionnels***

Chapitre 4 : Généralités sur les aliments fonctionnels

4.1. Généralités sur les grains de chia

4.1.1. Définition de chia :

Salvia hispanica L., plus connue sous le nom de chia, est une plante annuelle originaire des régions méridionales du Mexique et du nord du Guatemala. Elle fait partie de l'ordre des Lamiales, de la famille des Lamiacées (ou menthes), de la sous-famille des *Nepetoideae*, et appartient au genre *Salvia*, qui comprend environ 900 espèces réparties dans diverses régions du globe, telles que l'Afrique Australe, les Amériques (centrale, nord et sud), ainsi que l'Asie du Sud-Est. D'après plusieurs sources scientifiques, la culture de la chia s'est aujourd'hui étendue bien au-delà de ses régions d'origine. On la retrouve notamment en Australie, en Amérique latine (Bolivie, Pérou, Colombie, Argentine), aux États-Unis, ainsi qu'en Europe. Le Mexique demeure toutefois le principal pays producteur à l'échelle mondiale (Masa K, et al, 2019).

4.1.2. Description botanique :

La *Salvia hispanica* est une plante herbacée annuelle appartenant à la famille des Lamiacées. Elle peut atteindre une hauteur d'environ 1 mètre. Ses feuilles opposées, dentelées, mesurent entre 4 et 8 cm de long et de 3 à 5 cm de large. Ses fleurs, blanches ou bleues, sont bisexuées et mesurent de 3 à 4 mm ; elles poussent en verticilles à l'extrémité des tiges. Une fois la floraison achevée, la plante produit des fruits ronds contenant de nombreuses petites graines ovales, mesurant environ 2 mm de long sur 1 mm de large. Ces graines sont lisses, brillantes, et leur couleur varie du blanc au gris, au brun, avec des taches noires irrégulièrement réparties. À l'origine, cette plante était cultivée dans les régions tropicales et subtropicales. Aujourd'hui, sa culture s'est étendue à de nombreuses régions du monde, notamment en Argentine, au Pérou, au Paraguay, en Équateur, au Mexique, au Nicaragua, en Bolivie, au Guatemala, ainsi qu'en Australie. En Europe, elle est principalement cultivée sous serre (Din, et al, 2021).



Figure 4: Graines de chia (à gauche) et graines de chia après trempage dans l'eau (Din, et al, 2021).

4.1.3. Composition de chia:

Sur le plan nutritionnel, les graines se distinguent par leur richesse en lipides (entre 20% et 34 %), notamment en acides gras polyinsaturés, avec une prédominance d'acide α -linoléique (environ 60 %) et d'acide linoléique (près de 20 %). Elles contiennent également des niveaux élevés de protéines (16 % à 26 %), principalement sous forme de prolamines, ainsi qu'une quantité importante de fibres alimentaires (de 23 % à 41 %). En outre, elles renferment une variété de vitamines, en particulier celles du groupe B, ainsi que des minéraux tels que le calcium, le phosphore et le potassium. Étant naturellement exemptes de gluten, ces graines sont adaptées aux personnes atteintes de la maladie cœliaque. Par ailleurs, elles sont une bonne source de composés bioactifs aux propriétés antioxydants (Diane, et al, 2019).

Tableau 4: Composition des graines de chia (Machou & Merakha, 2021).

Éléments	Composition %
Protéines	15-25
Lipides	30-33
Fibres alimentaires	18-30
Glucides	26-41
Cendres	4-5
Matière sèche	90-93

4.1.4. Les bienfaits sur la santé :

Les graines de chia renferment plusieurs composants fonctionnels bénéfiques pour la santé. Ces éléments jouent un rôle important dans la prévention des maladies chroniques,

notamment celles affectant le système gastro-intestinal, les maladies cardiovasculaires (MCV), ainsi que certains types de cancers.

Grâce à leur richesse en fibres alimentaires, acides gras, oméga-3, protéines, polyphénols, phytostérols, vitamines et minéraux, les graines de chia contribuent à réduire les risques de pathologies cardiaques en diminuant le taux de mauvais cholestérol (LDL), en régulant la pression artérielle et en limitant l'agrégation plaquettaire.

Au niveau du système digestif, ces composants aident à prévenir le diabète de type 2 en stimulant la fonction des cellules bêta pancréatiques et en favorisant une baisse du taux de glucose sanguin. Par ailleurs, leur teneur élevée en fibres augmente le volume des selles, ce qui en fait un remède naturel contre la constipation.

Enfin, les antioxydants et les composés phénoliques présents dans les graines de chia jouent un rôle clé dans la lutte contre le stress oxydatif, réduisant ainsi le risque de développement de divers cancers (Wassem, et al., 2022).

4.2. Généralités sur les graines de lin

4.2.1. Définition de la graine de lin :

Le lin, dont le nom scientifique est *Linum usitatissimum*, signifiant « le plus utile » (appelé Flax en anglais et El-katan en arabe) est une plante herbacée annuelle appartenant à la famille des Linacées. Il est largement exploité dans divers secteurs tels que l'industrie textile (pour ses fibres), l'alimentation (graines et huile) ainsi que dans l'industrie chimique (huile essentielle). Cette plante, de port dressé, présente des ramifications en forme de corymbe situées au sommet de la tige. Elle fait partie du sous-embranchement des Angiospermes, de l'ordre des Linales, au sein de la famille des Linacées (Cherabi, et al, 2022).

4.2.2. Description botanique :

Le lin est une plante herbacée annuelle caractérisée par un système racinaire peu profond, nécessitant une humidité adéquate tout au long de sa phase de croissance. Ses feuilles, épaisses, simples et alternes, sont disposées le long d'une tige verticale. Elles sont sessiles et mesurent environ 25 mm de long. L'inflorescence prend la forme d'une cyme portant plusieurs fleurs, généralement bleues ou blanches. Ces fleurs sont majoritairement hermaphrodites. Le fruit du lin est une petite capsule sphérique, contenant des graines brunâtres, plates et ovales. Ces graines ont une texture à la fois croquante et tendre, avec une saveur agréable rappelant celle de la noisette (Si Larbi & Selloum, 2021).

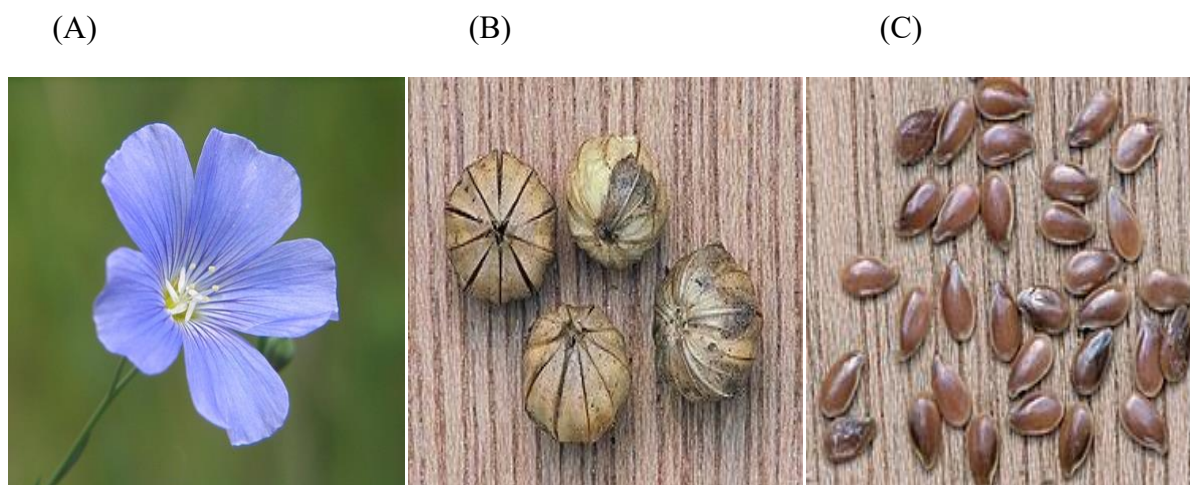


Figure 5: Fleur de lin (A),capsules à maturité (B) et leur contenu en graines (C) (Wikipédia, S.D)

4.2.3. Composition de graines de lin:

La graine de lin est particulièrement riche en lipides, en particulier en acide alpha-linoléique. Sa composition chimique peut varier largement selon les variétés ainsi que les conditions environnementales dans lesquelles elle est cultivée. En moyenne, elle renferme environ 40 % de lipides, 30 % de fibres alimentaires, 20 % de protéines, et fournit entre 460 et 520 kcal pour 100 g. Elle contient également une faible quantité d'amidon. Les téguments sont principalement constitués de polyphénols et de composés glucidiques tels que le mucilage, tandis que l'embryon est surtout riche en huile et en protéines(Nacer & Tigrine, 2020).

Le tableau suivant présente la proportion de chaque composant contenu dans la graine de lin.

Tableau 5: Composition chimique des grains de lin(Nacer & Tigrine, 2020).

Humidité	Protéines	Lipides	Fibres	Cendres
4-8 %	20-25 %	30-40 %	20-25 %	3-4 %

4.2.4. Bienfaits des graines de lin pour la santé :

Les graines de lin sont une source importante d'acide alpha-linoléique (ALA), de lignanes ainsi que de fibres alimentaires. Ces constituants exercent des effets bénéfiques dans la prévention de diverses maladies (voir tableau 6).

Tableau 6: Bienfaits du lin pour la santé(Cherabi, et al, 2022).

Composition des graines de lin	Bienfaits pour la santé
Fibres solubles Fibres insolubles	Diminution du taux de cholestérol sanguin et de la glycémie. Amélioration de la régulation de la fonction intestinale.
Acide alpha-linoléique	Diminution du risque de maladies coronariennes et de certains types de cancer. Baisse du taux de cholestérol sanguin et des niveaux de marqueurs de l'inflammation.
Lignages	Traitement de l'hypertrophie de la prostate. Prévention du développement du cancer. Contrôle de la néphropathie lupique (insuffisance rénale liée au lupus). Réduction des risques associés aux maladies cardiovasculaires et aux affections inflammatoires chroniques de l'intestin.

4.3. Généralités sur les dattes :

4.3.1. Définition du sirop de dattes :

Appelé «Rub Al- tamr » est un liquide épais et brun foncé extrait des dattes sa faible teneur en humidité lui confère une forte viscosité qui empêche le développement des micro-organismes assurant ainsi une conservation jusqu'à 24 mois, il a un goût sucré naturel. Il est considéré comme un sucre inverti en raison de ses teneurs équilibrées en glucose et fructose (Drissi & Dib, 2022).

4.3.2. Composition biochimique de sirop de dattes :

Les constituants du sirop de dattes sont donnés dans le tableau 7.

Tableau 7: Composition biochimique de sirop de dattes commercial (Ziad & Meddas, 2023).

Teneur en constituants	Sirop de Ghars (commercial)	Sirop de MechDegla (commercial)
Sucres totaux	72,92	72,40
Sucres réducteurs	70	59,21
Sucres non réducteurs	1,71	23,75
Cendres	0,96±0,05	2,96±0,05
Protéines	1,15±0,04	1,06±0,03
pH	4,90±0,02	5,09±0,01
Teneur en éléments minéraux	Fe : 28,80/Mg : 0,40	Fe : 40,96 / Mg : 1, 32
Lipides	----	----
Vitamines : A/B	+	+

4.3.3. Préparation de sirop de dattes :

Pour garantir un produit de qualité il est indispensable de débiter par une sélection rigoureuse des matières première, en commençant par le tri des dattes. Cette étape permet d'éliminer les fruits immatures écrasés ou endommagés par les oiseaux et les insectes qui pourraient altérer la couleur et la qualité du sirop.

- 1^{ère} étape : lavage et nettoyage :

Comprend deux étapes :

A- Lavage par trempage dans de l'eau avec agitation légère.

B- Séchage à l'air libre après égouttage, ce processus est crucial pour assurer l'hygiène et la qualité du produit final.

- 2^{ème} étape : extraction du jus de dattes :

Les sucres sont extraits par diffusion dans de l'eau chaude (85°C), après préparation des dattes, le mélange (1kg de dattes pour 2.5 Ld'eau) est agité pendant une heure à l'aide d'un agitateur Rotor / stator.

- 3^{ème} étape : filtration :

Les dattes cuites sont filtrées pour retirer les impuretés, une aspersion à l'eau chaude améliore l'extraction des sucres avant undernier filtrage de l'extrait.

- Dernière étape : concentration du jus de dattes :

La concentration du jus de dattes a été réalisée par chauffage direct entre 100 et 105°C durant 2 heures afin d'éliminer l'eau libre (Kaid slimane & Malti, 2024).

4.3.4. Utilisation de sirop de dattes :

Le sirop de dattes :

- Est un édulcorant naturel utilisé en cuisine et en médecine traditionnelle, notamment comme source d'énergie pour les convalescents et les femmes enceintes ou allaitantes ;
- Est utilisé dans divers produits sucrés et laitiers ;
- Il aide à masquer les goûts et odeurs désagréables, notamment dans les multivitaminés pédiatriques (Adrian, et al, 1991), (Kaid slimane & Malti, 2024).

4.4. Généralités sur les carottes :

4.4.1. Définition des carottes :

Le nom botanique de la carotte est (*Daucus carota* L). C'est une plante bisannuelle de la famille des ombellifères, elle forme une racine comestible la première année, puis produit des fleurs la seconde si elle n'est pas récoltée, sa culture se fait principalement dans les régions australes de mars à novembre (Direction, 2018).

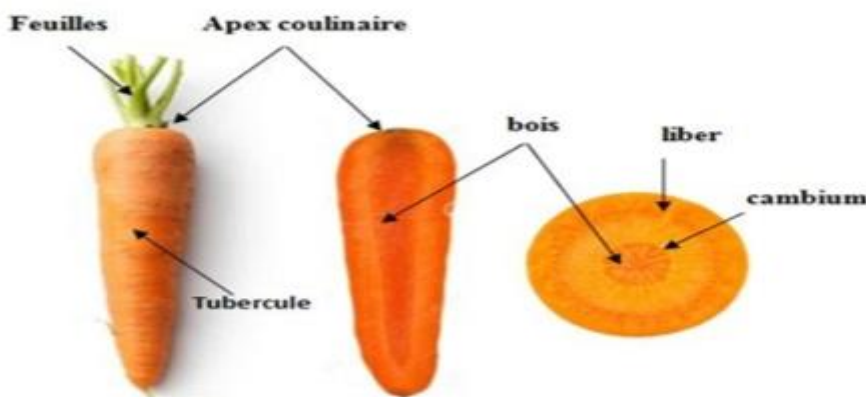


Figure 6: Coupe longitudinale et transversale de la structure de la carotte (Boulariah & Boukela, 2019).

4.4.2. Composition de la carotte :

La racine de la carotte est délicieuse, tendre et très nutritive, elle est une bonne source de carotènes, de vitamines, de protéines, de sucres et de sels minéraux. Le tableau suivant montre sa composition (Boulariah & Boukela, 2019).

Tableau 8: Composition biochimique pour 100 g de carotte (Boulariah & Boukela, 2019).

Composants	Cru	Cuit
Donnés de bases		
Calories (kcal)	36,4	19
Protéine (g)	0,77	0,55
Glucides(g)	6,45	2,6
Lipides (g)	0,26	0,1
Fibres (g)	2,7	-
Vitamines		
Béta-carotène (µg)	8290	3340
Vitamine B9 (µg)	32,3	23,3
Minéraux		
Potassium (mg)	301	96,4
Calcium (mg)	32,6	31,5
Magnésium (mg)	11,6	7,5
Oligoéléments		
Sélénium (µg)	0,17	< 2,97
Iode (µg)	<5	< 10

4.4.3. Bienfaits et intérêts de la carotte :

a. Bienfaits alimentaires :

La carotte est principalement connue pour son usage alimentaire,notamment par la consommation de sa racine, toute fois,son huile essentielle,obtenue par distillation des graines,est également utilisée en parfumerie et en aromathérapie. Plus récemment,l'extraction de ligaments alimentaires à partir des racines de carottes,en particulier celles à chair violette, a connu un essor.

b. Intérêt économique :

Sur le plan économique, la carotte figure parmi les dix principales cultures légumières mondiales tant en superficie cultivée qu'en valeur marchande grâce à sa richesse nutritionnelle, à ses multiples modes de consommation et à son coût abordable, elle est le légume racine le plus consommé à l'échelle mondiale.

c. Intérêt fourragère :

La carotte blanche ou jaune est employée comme plante fourragère elle est appréciée par les animaux en raison de sa bonne appétence et de sa richesse en énergie, toutefois, sa teneur en matière sèche reste faible, par ailleurs, les résidus issus de la transformation industrielle des carottes peuvent également être utilisés pour l'alimentation des animaux (Sedrata, 2022).

4.4.4. Utilisation de la carotte :

Tout le monde en manger la carotte :

- Enfants en bas âge : peut être proposée en purée dès le début de l'alimentation solide, sa saveur sucrée la rend généralement très appréciée par les bébés.
- Personnes âgées : les formes cuites seront toutefois préférées pour eux car elles sont plus faciles à manger.

Daucus carotta L connue depuis l'antiquité pour ses usages en médecine traditionnelle est réputée pour ses propriétés thérapeutiques, notamment l'activité antibactérienne et antifongique. Grâce à sa richesse en caroténoïdes, polyphénols et vitamines, la carotte possède des propriétés antioxydantes, anti cancérogènes et immunostimulantes. Elle joue un rôle important dans la réduction du cancer du poumon et elle protégé les troubles de la vision.

La consommation de la carotte est bénéfique en cas de gastrite ou d'ulcère, grâce à sa richesse en fibres qui sont douces et bien tolérées par l'organisme, contrairement à celles plus irritantes que l'on trouve dans certaines céréales (Boulariah & Boukela, 2019).



Partie Expérimentale

Partie expérimentale

1. L'objectif de notre travail :

L'objectif principal de ce travail est de valoriser le lactosérum doux en fabriquant un yaourt à boire enrichi en ingrédient fonctionnel tel que les graines de chia, les graines de lin, la purée de carottes et le sirop de dattes ainsi que l'étude de ses caractéristiques physico-chimiques et sensorielles.

La partie expérimentale a été réalisée au sein du Laboratoire de Chimie Inorganique et Environnement (LCIE) à l'université de Tlemcen AboubekrBelkaid.

2. Matériels et méthodes :

2.1. Matériels et produits utilisés :

L'ensemble des équipements, produits et réactifs utilisés durant notre étude sont représentés dans l'Annexe N°1.

2.2. Récupération du lactosérum

Le lactosérum utilisé dans cette étude a été récupéré auprès d'une fromagerie locale. L'identité de ce dernier est gardée confidentielle à la demande du fournisseur. Le lactosérum collecté est issu de la fabrication de fromage mozzarella. Il a été conservé à une température de 4 °C jusqu'à son utilisation afin de préserver ses propriétés physico-chimiques.

2.2. Ingrédients utilisés :

- Lactosérum doux.
- Sucre cristallisé.
- Poudre de lait 28% MG.
- Ferments lactique.
- Purée de carottes.
- Les graines de chia.
- Les graines de lin.
- Sirop de dattes.

2.3. Préparation du yaourt à boire :

- Préparation des aliments fonctionnels.
- Préparation de différentes formulations du yaourt :

Nous avons préparé quatre formulations. La préparation du yaourt à boire a débuté par la formulation d'un mélange composé de lactosérum, de sucre et de poudre de lait à 28 %, dans des proportions déterminées selon les objectifs du produit final. Ce mélange a été chauffé jusqu'à une température de 45 °C afin de créer des conditions favorables à l'ensemencement. Une fois la température atteinte, des ferments lactiques ont été ajoutés, suivis d'une étape d'homogénéisation pour assurer une bonne répartition des ingrédients. La fermentation s'est ensuite déroulée à température contrôlée pendant environ 8 heures, jusqu'à l'obtention de la texture et de l'acidité souhaitées. Après fermentation, le mélange a été mixé, puis refroidi progressivement. C'est à ce stade que les arômes et autres ingrédients additionnels ont été incorporés, avant un dernier refroidissement pour stabiliser le produit fini.

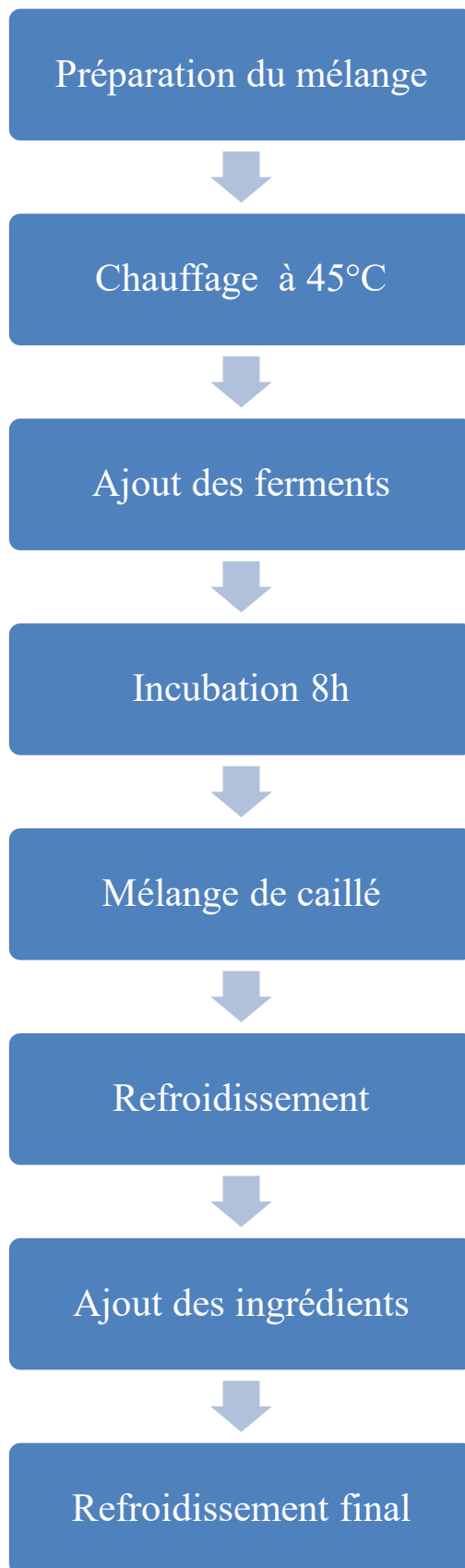


Figure 7: Diagramme de fabrication du yaourt a base de lactosérum et aliments fonctionnels.

Partie expérimentale

2.4.Détermination des propriétés physicochimiques des yaourts et lactosérum :

➤ Détermination du potentiel d'hydrogène (pH) :

Principe :

La mesure du pH s'effectue à l'aide d'un pH-mètre. Elle permet d'évaluer la fraîcheur des produits en fournissant des informations sur la concentration en ions hydrogène (H⁺) dans une solution. Cette analyse a pour objectif de déterminer de manière quantitative le degré d'acidité ou de basicité d'un milieu (AFNOR, 1980).

Mode opératoire :

On utilise un pH-mètre avec un boîtier électronique et une électrode en verre. L'électrode est rincée avec de l'eau distillée avant la mesure. Ensuite elle est plongée dans le yaourt placée dans un bécher propre. La valeur du pH s'affiche sur l'écran du pH-mètre. Après la lecture, l'électrode est rincée à nouveau avec de l'eau distillée.

➤ Détermination de la masse volumique :

Principe :

La masse volumique d'une substance correspond à la quantité de masse contenue dans un volume donné. Elle peut changer en fonction de la température et de la pression (FAO, 2015).

Mode opératoire :

Une fiole jaugée de 10 mL a été utilisée pour la détermination de la masse volumique. Elle a été lavée, rincée avec de l'eau distillée, puis séchée soigneusement. La fiole vide a été pesée à l'aide d'une balance électronique pour déterminer sa masse à vide. Elle a ensuite été remplie avec le yaourt jusqu'au trait de jauge. La fiole pleine a été de nouveau pesée. La masse volumique a été calculée par l'expression suivante :

$$\text{La masse volumique} = \frac{\text{la masse du yaourt}}{\text{volume de la fiole (10mL)}}$$

➤ Détermination de l'extrait sec :

Principe :

L'extrait sec total est évalué à l'aide de la méthode d'étuvage, qui consiste à éliminer toute l'eau présente dans l'échantillon. Il correspond à la quantité de matière sèche contenue dans un litre de produit. Cette valeur peut être exprimée en pourcentage de masse ou en grammes par litre (g/L) (AFNOR, 1980).

Mode opératoire :

La méthode utilisée pour déterminer l'extrait sec total d'un échantillon repose sur l'évaporation de l'eau contenue dans celui-ci en le plaçant dans une étuve à 105 °C pendant une

Partie expérimentale

heure, jusqu'à obtention d'un poids constant. Cette opération permet de quantifier la masse des matières solides restantes, correspondant à l'extrait sec total.

Concrètement, 2 g de yaourts sont placés dans un bécher préalablement pesé (masse initiale : m_0). Le bécher contenant l'échantillon (masse m_1) est ensuite introduit dans l'étuve à 105 °C pour assurer l'évaporation complète de l'eau. Après refroidissement, le bécher est à nouveau pesé (masse finale : m_2). Le pourcentage d'extrait sec total (EST %) est ensuite calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{EST} = 100 \times (m_2 - m_1) / m_1$$

En conséquence la teneur en eau est obtenue selon la formule suivante :

$$\text{H}\% = 100 - \text{EST}(\%)$$

➤ Détermination de la teneur en cendres :

Principe :

Les cendres totales correspondent aux résidus obtenus après la combustion complète d'un échantillon contenant des matières organiques qu'elles soient d'origine végétale ou synthétique. Les cendres sont les résidus obtenus après l'incinération de la matière sèche à 500°C, pendant 3 heures dans un four à moufle (AFNOR, 1986).

Mode opératoire :

Pour déterminer la teneur en cendres, un volume déterminé de la boisson a été placé dans un creuset, puis pesé, le creuset ensuite a été chauffé dans un four à moufle à 500°C, pendant 3 heures, jusqu'à obtention d'une cendre de couleur blanchâtre. Après la calcination, le creuset a été retiré du four, refroidi dans un dessiccateur, puis de nouveau pesé. Il est calculé comme suit :

$$\text{La teneur en cendre (TC)\%} = 100 - \text{MO}\%$$

Avec :

MO(%) : matière organique.

La matière organique de yaourt provient du lait (protéines, lipides, lactose). Elle est transformée par fermentation en Acide lactique, ce qui lui donne sa texture et son goût. Elle est calculée par la formule suivante :

$$\text{MO}(\%) = 100 \times (M_1 - M_2) / P$$

Partie expérimentale

M₁ : masse du creuset contenant la prise d'essai (g)

M₂: masse d'un creuset et des cendres (g).

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

➤ Dosage de pectine :

Principe :

La pectine est extraite du yaourt par acidification et chauffage, puis isolée par précipitation (souvent avec de l'éthanol) ou analysée par méthode colorimétrique. Elle est ensuite quantifiée par pesée ou par mesure d'absorbance (May, 1999).

Mode opératoire :

Pour déterminer la teneur en pectines, l'acétone est utilisée comme solvant afin de les faire précipiter. À cet effet, 4 mL du yaourt ont été mélangés à 10 mL d'acétone, ce qui a entraîné la formation d'un caillot. Ce dernier a été récupéré par filtration à l'aide d'un entonnoir et d'un papier filtre. Le précipité obtenu a ensuite été lavé successivement à l'acétone puis à l'eau distillée, avant d'être séché dans une étuve à 100 °C. Le résidu final a été pesé afin d'évaluer la quantité de pectines présentes.

Cette teneur est calculée par la formule suivante :

$$S = (P/V) \times 100$$

S : teneur en pectine en 100g/mL.

P : masse de précipité formé en (g)

V : volume en mL de la prise d'essai.

➤ L'acidité titrable :

Principe :

L'acidité d'un yaourt, exprimée en degrés Dornic (°D), correspond à la quantité d'acide lactique qu'il contient, cette mesure repose sur le titrage de l'acidité à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence d'un indicateur coloré la phénolphtaléine à 1% (Amariglos & Petransiens., 1974).

Mode opératoire :

10 mL du yaourt sont placés dans un erlenmeyer avec quelques gouttes de phénolphtaléine à 1%. Une solution de NaOH est ajoutée goutte à goutte à l'aide d'une burette, avec agitation jusqu'à l'apparition d'une teinte rose claire, le volume de NaOH utilisé est relevé pour déterminer l'acidité du yaourt en degrés Dornic (°D)

Partie expérimentale

L'acidité est exprimée en degrés Dornic (°D) et se calcule selon la formule suivante :

$$\text{Acidité (°D)} = V \times 10$$

Où V représente le volume de solution du NaOH versé depuis la burette, exprimé en millilitres (mL).

➤ Présence des protéines en utilisant le test de Biuret :

Principe :

Le test de Biuret permet de détecter les liaisons peptidiques caractéristiques des protéines. Ce test n'est pas adapté à la détection des acides aminés libres. En milieu alcalin (présence de NaOH ou KOH), la protéine réagit avec le sulfate de cuivre (CuSO_4), formant un complexe coloré violet. L'intensité de cette coloration est proportionnelle au nombre de liaisons peptidiques présentes dans l'échantillon (Buddhi, et al, 2021).

Mode opératoire :

Le test de Biuret a été réalisé pour détecter la présence de protéines. Un millilitre de yaourt a été introduit dans un tube à essai, suivi de l'ajout de deux gouttes de sulfate de cuivre (CuSO_4 à 3 %), puis de quelques gouttes d'hydroxyde de sodium (NaOH à 10 %). L'apparition d'une couleur violette ou rougeâtre indique la présence de liaisons peptidiques, et donc de protéines, dans l'échantillon.

3. Analyse sensorielle :

L'analyse sensorielle consiste à identifier, mesurer et interpréter les caractéristiques d'un produit perçues par les sens, qu'elles soient gustatives, olfactives, visuelles, auditives ou tactiles. Selon certaines normes, elle se définit comme l'examen des propriétés organoleptiques d'un produit à l'aide des organes sensoriels (Claustrioux J, 2001). Elle peut avoir deux objectifs : évaluer objectivement les attributs du produit ou mesurer l'agrément qu'il procure au consommateur. Ces deux approches sont complémentaires mais reposent sur des panels différents. On distingue ainsi les tests analytiques, qui donnent des réponses objectives, des tests hédoniques, centrés sur les préférences individuelles. La perception sensorielle passe par le langage : la verbalisation des sensations est donc essentielle en métrologie sensorielle. Cette étape, appelée étude terminologique, permet de formuler des « descripteurs », c'est-à-dire les termes utilisés pour caractériser le produit (Lefebvre & Bassereau, 2003).

3.1. Séance de dégustation :

La séance de dégustation a été réalisée dans une salle du département de Biologie de l'UABBT. Afin de garantir une meilleure sensibilité gustative chez les dégustateurs, la séance a été organisée entre 10 h et 12 h. Le test a été effectué sur des personnes de différentes catégories d'âge (le nombre total de dégustateur est de 20 personnes).

Les dégustateurs ont procédé à un rinçage de la bouche au début de la séance, puis entre chaque échantillon, afin de maintenir une sensibilité constante. Pour éviter tout phénomène de

Partie expérimentale

saturation sensorielle, de petites quantités d'échantillons ont été utilisées pour l'évaluation des paramètres sélectionnés. Toutes les dégustations se sont déroulées en notre présence, afin de fournir les explications nécessaires et de veiller au bon déroulement de la séance.

3.2. Le recueil des résultats

La collecte des résultats a été effectuée à l'aide d'une fiche d'évaluation sensorielle (voir annexe N°03). Cette fiche a permis aux dégustateurs de noter leurs appréciations selon les critères préalablement définis. Les résultats de ce test seront représentés dans la partie résultats et discussions.



Résultats et discussions



Résultats et discussions

1. Les résultats des analyses physicochimiques :

1.1.Lactosérum :

Le tableau ci-dessus présente les résultats des analyses physicochimiques effectuées sur le lactosérum issu de la fabrication du fromage de type « mozzarella ».

Tableau 9: Resultats des analyses physicochimique du lactosèrum.

Paramètres	Résultats
Ph	5,83
Acidité (°D)	11
Masse volumique (g/mL)	0,9796
EST (%)	0,52
Humidité (%)	99,48
Matière organique (%)	94,55
Cendres (%)	5,45
Pectine	0,875
Protéine	+

❖ pH et acidité titrable :

Le pH du lactosérum analysé est de 5,83, ce qui le situe dans la plage de valeurs normales (5,8 à 6,6) rapportée par (Jolanta, et al, 2016). Par ailleurs, son acidité titrable, mesurée à 11 °D, indique qu'il s'agit d'un lactosérum doux. Cette classification est conforme aux critères d'Adrian (Adrian, et al, 1991), selon lesquels un lactosérum doux présente une acidité inférieure à 18 °D. Cette valeur témoigne également de la fraîcheur du lactosérum utilisé et suggère que les conditions d'hygiène ont été respectées durant sa collecte et son stockage.

❖ Humidité :

D'après les résultats obtenus, la teneur en eau du lactosérum analysé est de 99,48%, ce qui reste supérieur à la valeur rapportée par Youssef et Yousfi (Youssef & Yousfi, 2024) qui est d'environ 93 %.

❖ Extrait sec total :

La valeur obtenue est de 0,52 %, est nettement inférieure à celle rapportée par Linden et Lorient (1994), qui est de 7 %. Cette différence pourrait être liée à une variation dans la composition de la matière première, à la dilution du lactosérum ou à des différences dans les méthodes d'analyse.

❖ Cendres :

La teneur en cendres obtenue pour l'échantillon du lactosérum est de 5,45 %, ce qui se situe dans la plage recommandée par la FAO (5 à 7 %). Cette valeur indique une concentration normale en éléments minéraux.

Résultats et discussions

❖ Pectine :

La teneur en pectine obtenue (0,875 g/100 mL) reste très faible. Cette faible concentration s'explique par la nature même du lactosérum, qui est un sous-produit laitier naturellement pauvre en fibres comme la pectine. Comme l'indique Bauchet (Bauchet A, S.d) «La pectine est une substance uniquement issue des végétaux, que l'on retrouve dans la peau et les pépins de nombreux fruits, comme la pomme, la poire et les agrumes ainsi que dans les légumes ».

❖ Protéine :

Le test de détection des protéines (test du Buriel) s'est révélé positif, ce qui indique la présence significative de protéines dans le lactosérum. Cela est conforme à la composition typique du lactosérum, qui contient en majorité des protéines solubles de haute valeur biologique (comme les lactalbumines et les lactoglobulines).

❖ Masse volumique :

La masse volumique obtenue pour le lactosérum est de 0,9796 g/mL, ce qui dépasse largement la valeur de 0,59 g/mL indiquée par la norme (FAO, 2015) .

1.2. Les résultats des analyses physicochimiques des yaourts :

Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses physicochimiques des différents yaourts.

Tableau 10: Résultats des analyses physicochimiques des quatre yaourts.

Résultats et discussions

Paramètres	Sirop de dattes	Purée de carotte	Graine de chia	Graines de lin	Normes
pH	4,48	4,53	4,80	4,85	3,39 à 5,68 (JORA, 1998)
Acidité (°D)	50	43	52	42	Min 60 (Codex A. , 2018)
Masse volumique (g/mL)	1,0669	1,0818	1,0525	0,999	1,08 (FAO, 2015)
EST (%)	29,45	20,59	16,01	17,39	14-16 (FAO, 1995)
Humidité(%)	70,55	79,41	83,99	82,61	87,5-88 (AFNOR, 1986)
Matière organique (%)	95,97	88,49	93,86	93,05	---
Cendres (%)	4,03	11,51	6,14	6,95	1,0(Codex a. , 2022)
Pectine (g/100ml)	14,225	7,05	7,05	6,2	1,5(FAO/WHO, 2015)

- **pH**

Les valeurs du pH des quartes yaourts sont représentées sur la figure 8.

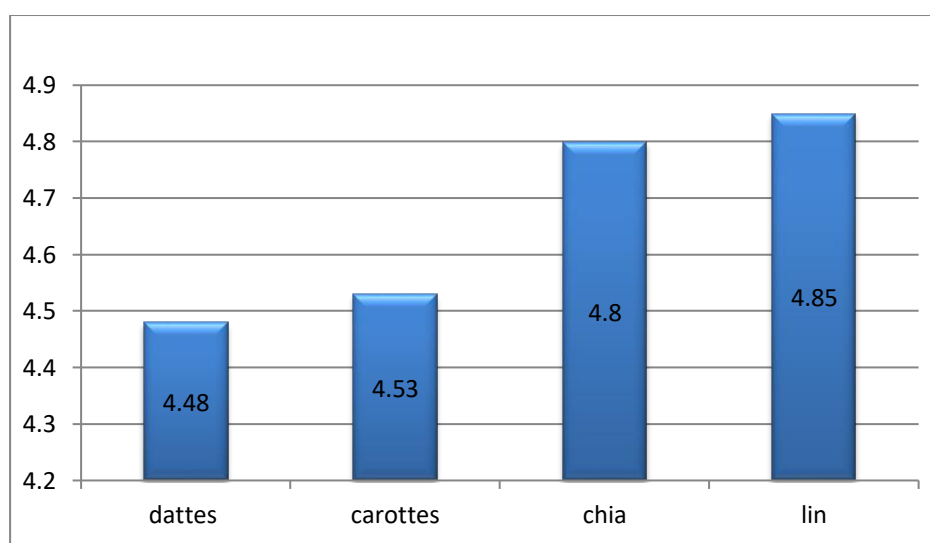


Figure 8: Résultats du pH des quatre yaourts.

Le pH des yaourts à boire formulés se situe entre 4,48 et 4,85, alors que la norme pour les yaourts se situe généralement entre 3,39 et 5,68. Le yaourt au sirop de dattes présente un pH de 4,48 et celui à la purée de carottes de 4,53, ce qui reflète une bonne acidification. D'autre part, les yaourts aux graines de chia (4,80) et de lin (4,85) montrent des valeurs de pH plus élevées, bien qu'encore dans la plage normale.

- **Acidité**

Les valeurs de l'acidité des quatre yaourts sont représentées sur la figure 9.

Résultats et discussions

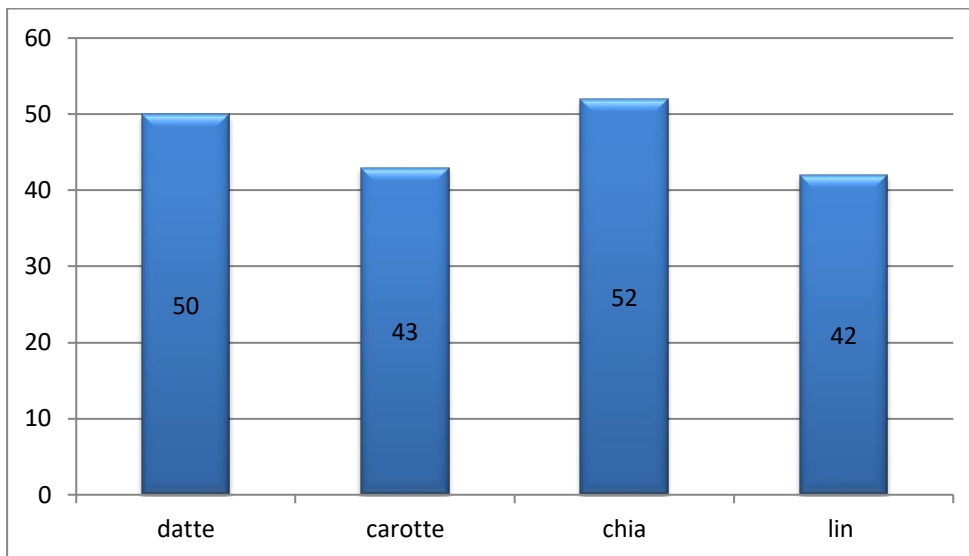


Figure 9: Résultats de l'acidité (D°) des quatre yaourts.

L'acidité des yaourts à boire élaborés varie entre 42°D et 52°D, alors que la norme attendue pour un yaourt est généralement d'environ 60°D. Le yaourt aux graines de chia présente l'acidité la plus élevée (52°D), suivi du yaourt aux dattes (50°D). Les yaourts à la carotte (43°D) et aux graines de lin (42°D) affichent les valeurs les plus faibles.

Ces résultats montrent que toutes les formulations sont en dessous de la norme, ce qui peut être dû à une activité fermentaire réduite, possiblement influencée par la composition des ingrédients (sucres, fibres, ou effets antimicrobiens légers). Un ajustement des conditions de fermentation ou de la teneur en substrat pourrait permettre d'atteindre l'acidité souhaitée.

- **Masse volumique**

Les valeurs de la masse volumique des quatre yaourts sont représentées sur la figure 10.

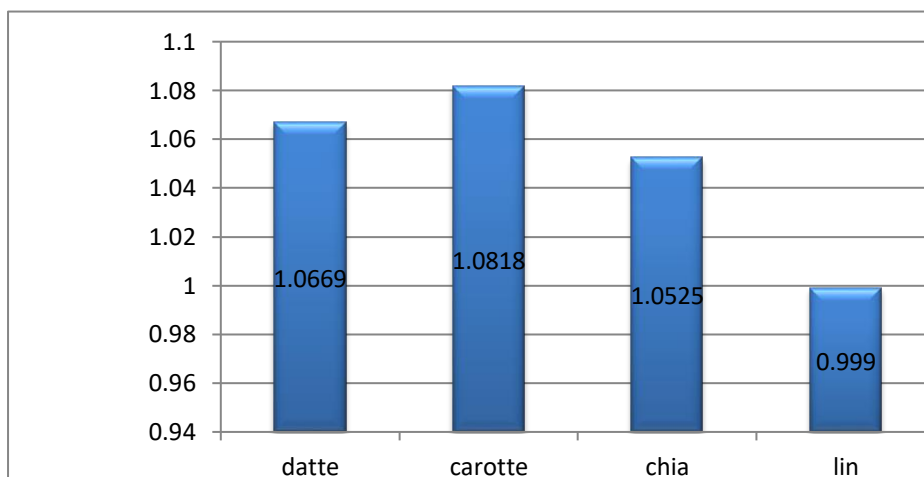


Figure 10: Résultats de la masse volumique des quatre yaourts.

La masse volumique des yaourts à boire formulés varie selon les ingrédients incorporés. Le yaourt à base de purée de carottes présente une masse volumique de 1,0818 g/mL, ce qui est conforme à la norme de (1,08 g/mL) généralement observée pour les yaourts à boire aux fruits

Résultats et discussions

à faible teneur en matière grasse. En revanche, les autres formulations, au sirop de dattes (1,0669 g/mL), aux graines de chia (1,0525 g/mL) et aux graines de lin (0,999 g/mL), présentent des valeurs inférieures à cette référence. Cette différence peut être attribuée à une teneur en matière sèche plus faible ou à la nature des ingrédients utilisés, comme les graines, qui influencent la densité du produit.

- **EST**

Les valeurs d'EST des quatre yaourts sont représentées sur la figure 11.

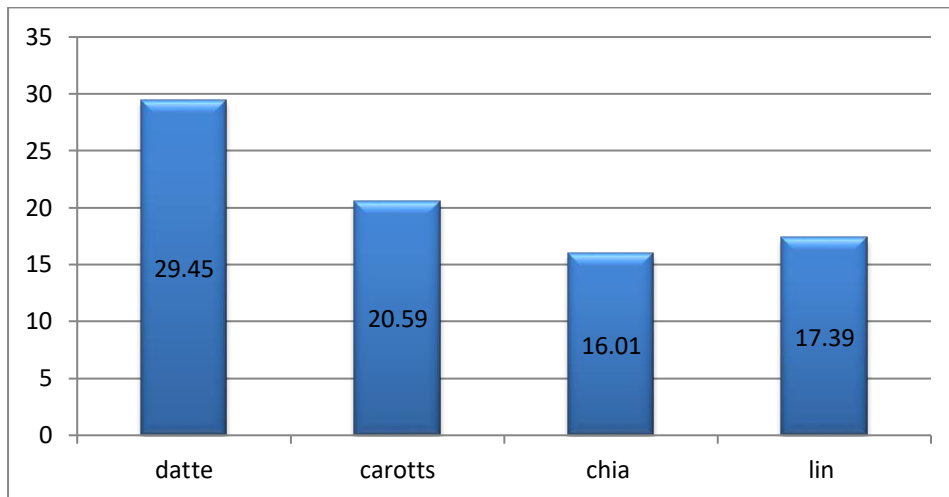


Figure 11: Résultats de teneur en EST(%) des quatre yaourts.

Les résultats montrent que tous les yaourts ont une teneur en extrait sec supérieure ou proche de la norme (14 à 16 %), à l'exception du yaourt aux graines de chia (16,01 %) qui se situe juste dans la limite. Le yaourt au sirop de dattes (29,45 %) présente la valeur la plus élevée, en lien avec la richesse en sucres et matières sèches du sirop. Le yaourt à la purée de carottes (20,59%), du fait de la concentration en fibres et solides de la purée.

- **Humidité**

Les valeurs d'humidité des quatre yaourts sont représentées sur la figure 12.

Résultats et discussions

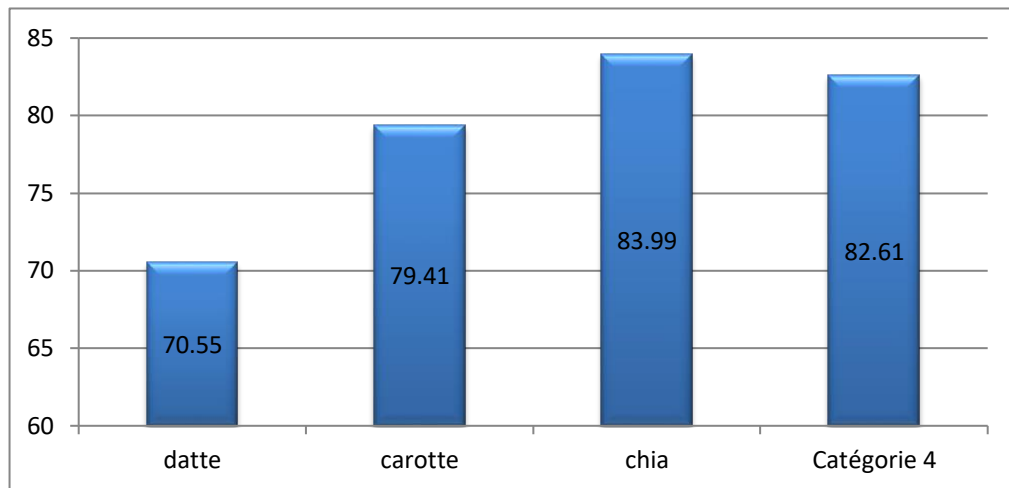


Figure 12: Résultats de la teneur en humidité(%) des quatre yaourts.

Les teneurs en humidité des yaourts analysés sont toutes inférieures à la norme (87,5 à 88 %). Le yaourt aux graines de chia (83,99 %) et celui aux graines de lin (82,61 %) présentent les taux les plus élevés parmi les échantillons, ce qui peut être lié à leur capacité de rétention d'eau. En revanche, le yaourt au sirop de dattes (70,55 %) et celui à la purée de carottes (79,41 %) montrent une humidité plus faible, probablement en raison de la concentration en matières sèches de ces ingrédients.

- **Cendres**

Les valeurs de la teneur en cendres des quatre yaourts sont représentés sur la figure13 .

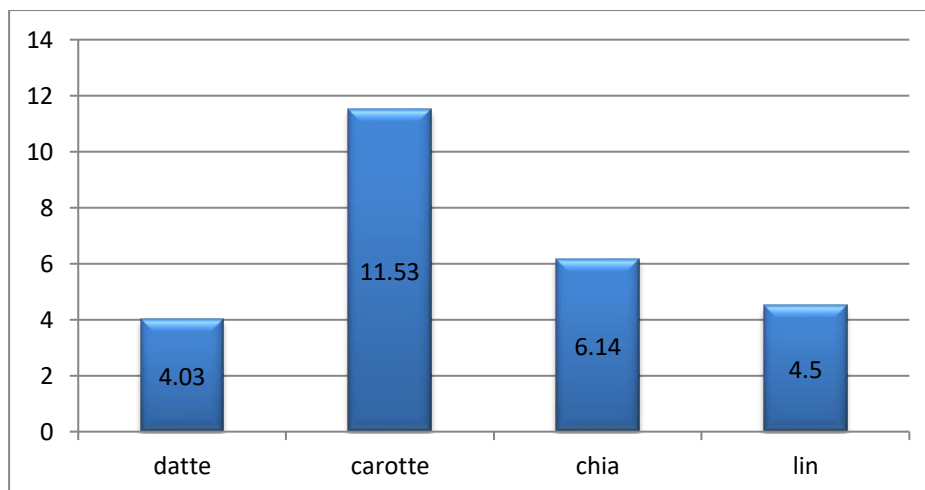


Figure 13: Résultats de teneur en cendres(%) des quatre yaourts.

La teneur en cendres des quatre yaourts (datte, lin, datte, carotte, chia) est supérieure à la norme (Codex a. , 2022)(qui est de maximum 1,0 % surmatière sèche pour le yaourt). Cette observation est attendue, car les matières premières sont des produits riches en minéraux. La carotte est la plus riche en minéraux (jusqu'à 11%).

- **Pectine**

Résultats et discussions

Les valeurs de la teneur en pectine des quatre yaourts sont représentées sur la figure 14.

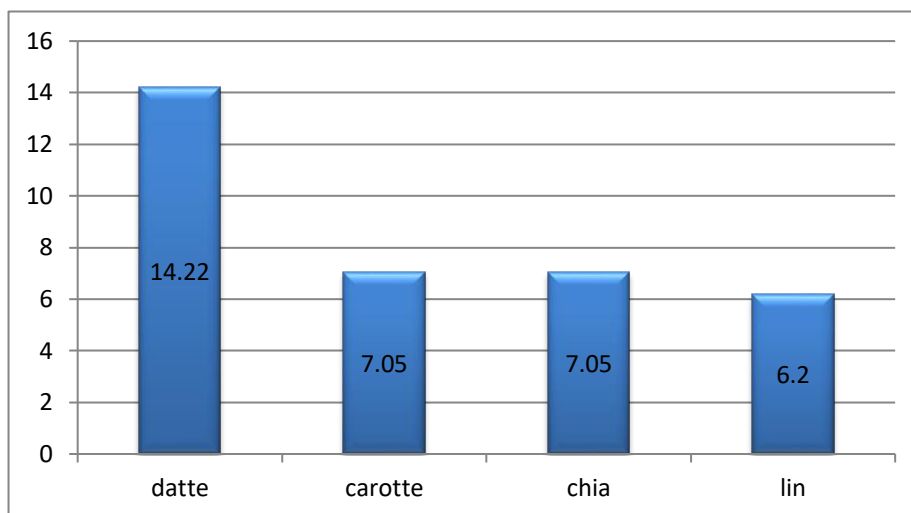


Figure 14: La teneur en pectine (g/100mL) des quatre yaourts.

Selon (FAO/WHO, 2015), la teneur en pectine peut aller jusqu'à un maximum de 1,5 %, d'origine additive.

Les pectines de ces yaourts ont des sources naturelles (datte, chia, carotte, lin) et non d'un additif industriel. La teneur en pectines de ces quatre yaourts est comprise entre de 6,2 à 14,22 g/100mL). Cette teneur est plus élevée que les recommandations d'additifs, sans contrevenir aux normes, tant que le produit est sans danger d'après le Codex et (FAO/WHO, 2015). Cette pectine étant d'origine naturelle, elle n'est pas contrevenante et elle garde toutes ses propriétés gélifiantes et texturantes, tant que le yaourt est sans danger et que le consommateur est informé selon (FAO/WHO, 2015).

- **Protéine**

Tableau 11: La présence des protéines dans les yaourts.

Les yaourts	Observation de la couleur (indice de protéine)
Sirop de datte	Observation difficile à cause de couleurs de yaourt
Purée de carotte	+++
Graines de chia	++
Graines de lin	++++

L'observation visuelle a permis d'estimer la présence de protéines dans les différentes formulations de yaourt à travers l'intensité de leur coloration. Le yaourt au sirop de datte présente une couleur très foncée, ce qui rend l'observation difficile. Par contre, les yaourts à la purée de carotte (+++), aux graines de chia (++) , et surtout aux graines de lin (++++) montrent

Résultats et discussions

une coloration plus intense, suggérant une teneur plus élevée en composés solides, dont les protéines. Cette tendance reste indicative et nécessite une confirmation par des analyses spécifiques.

2. Les résultats de l'analyse sensorielle :

- **Couleur**

Les résultats de l'analyse sensorielle portant sur la couleur des yaourts formulés sont représentés sur figure 15.

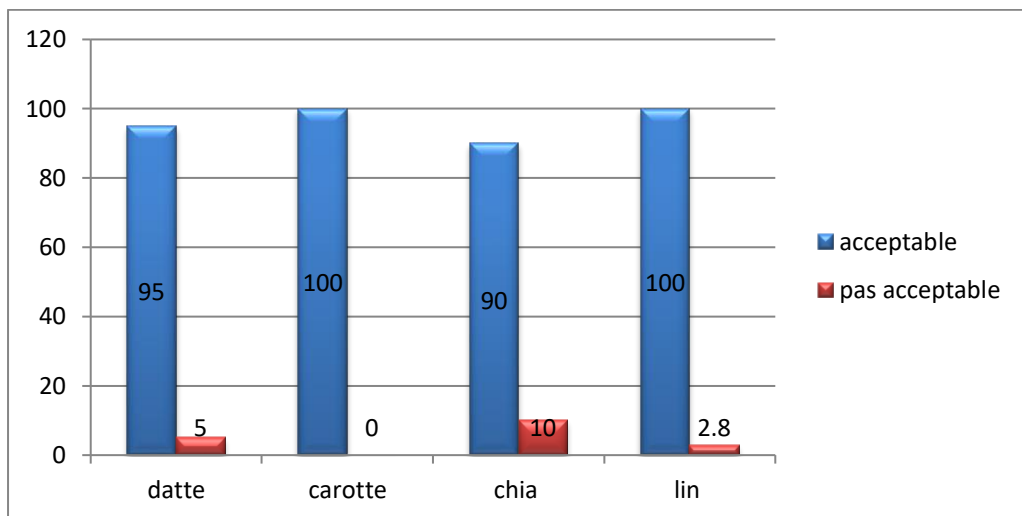


Figure 15: Les résultats de l'évaluation de la couleur des yaourts préparés.

Selon les résultats de la figure 15, le yaourt à boire de la carotte se distingue par la meilleure couleur.

- **Odeur**

Les données de la figure 16 représentent les résultats de l'analyse sensorielle sur l'odeur des yaourts à boire formulés.

Résultats et discussions

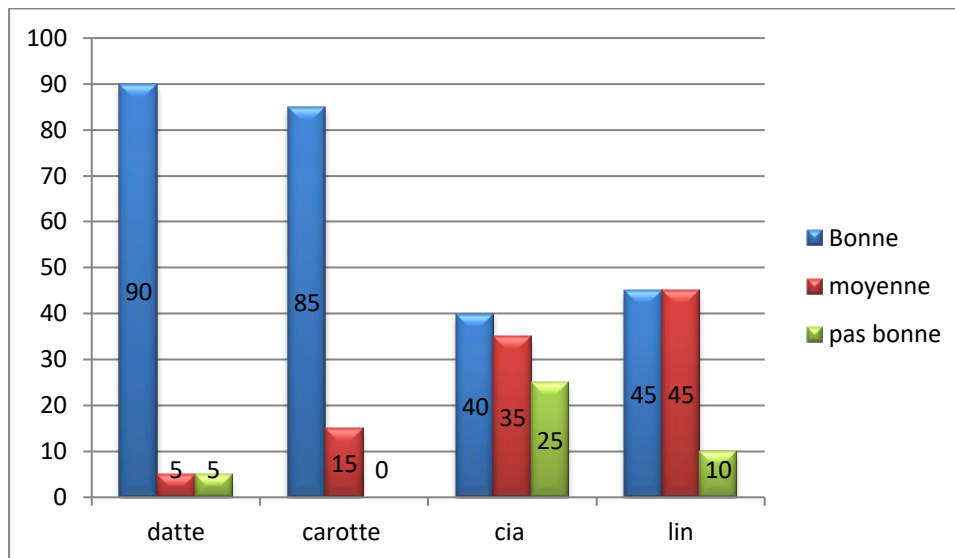


Figure 16: Les résultats de l'évaluation de l'odeur des yaourts préparés.

D'après les données de la figure 16, le yaourt de dattes présente la meilleure évaluation en termes de l'odeur par contre le yaourt de graine de chia procède l'odeur la moins bonne.

- **Goût**

Les résultats d'évaluation du goût des yaourts à boire sont représentés sur la figure 17.

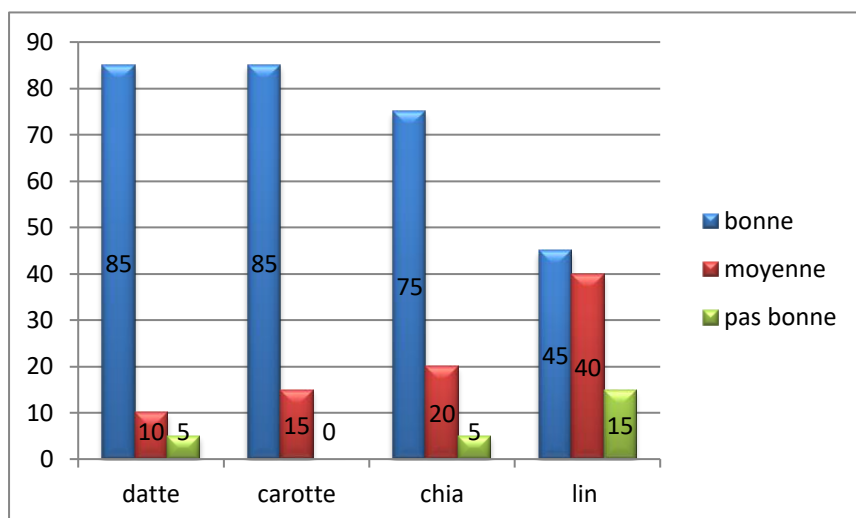


Figure 17: Les résultats de l'évaluation du goût des yaourts préparés.

La figure 17 montre que le yaourt de dattes et carotte sont les plus bons. Par contre le yaourt de lin est le moins bon.

- **Acidité**

La figure 18 présente un résumé des résultats de l'évaluation d'acidité pour les yaourts à boire préparés

Résultats et discussions

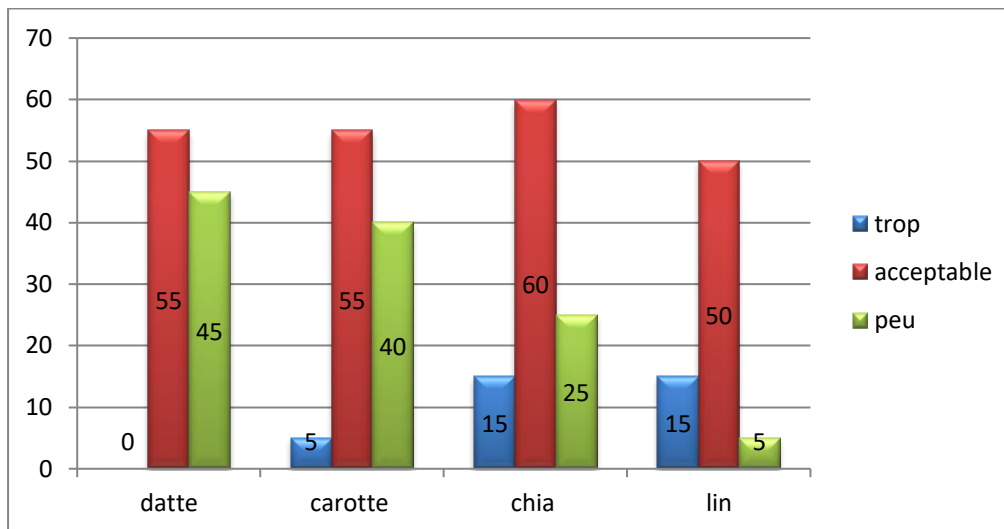


Figure 18: Les résultats de l'évaluation de l'acidité des yaourts préparés.

Nous remarquons à travers le graphe que la majorité des formules de yaourt est acceptable. Les yaourts de graine de chia et de lin sont plus acides par rapport aux deux autres.

- **Texture**

Le graphe donné sur la figure 19 présente les résultats de l'analyse sensorielle portant sur la texture des yaourts à boire préparés :

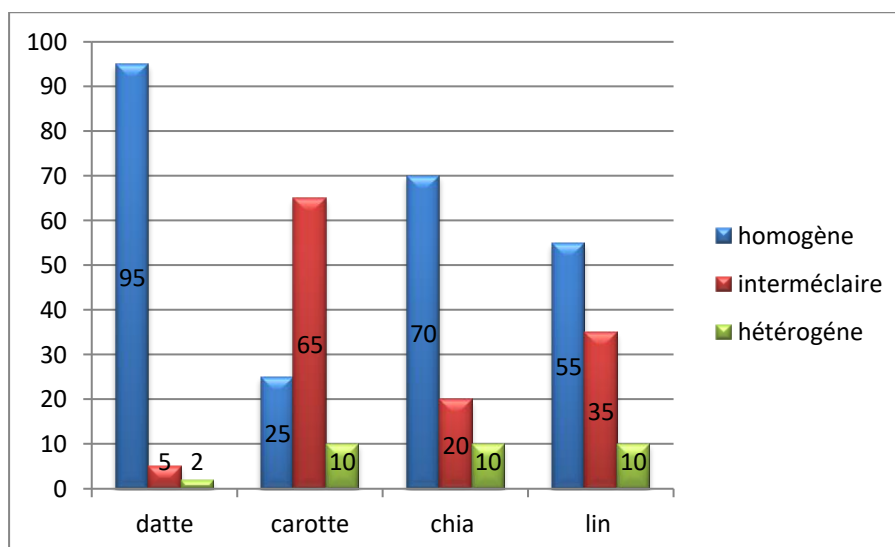


Figure 19: Les résultats de l'évaluation de la texture des yaourts préparés.

Selon les résultats de ce graphe nous remarquons que le yaourt de dattes est le plus homogène à cause de son homogénéité des composants. Par contre le yaourt de carotte est le moins homogène.

- **Consistance**

La figure 20 représente les résultats de l'évaluation de la consistance de différentes formules de yaourts à boire.

Résultats et discussions

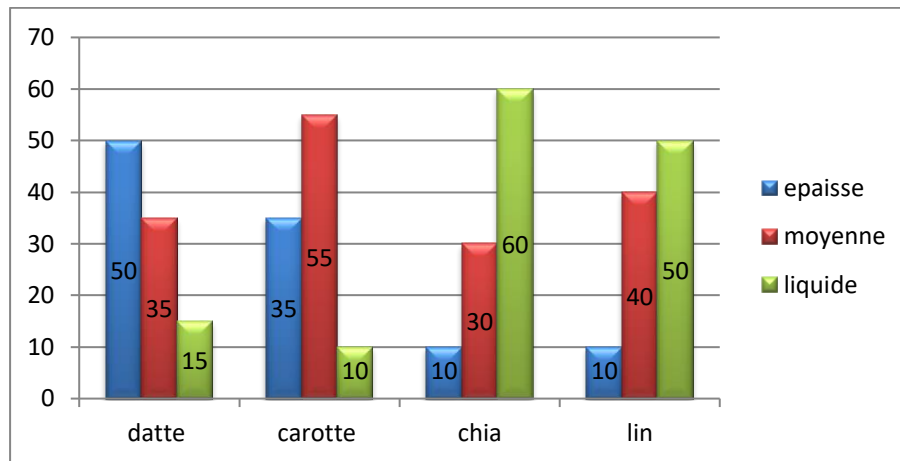


Figure 20: Les résultats de l'évaluation de la consistance des yaourts préparés.

Nous remarquons que le yaourt de chia est liquide et le yaourt de carotte est le moins liquide.

Conclusion :

Au vu des résultats de l'analyse sensorielle, la formule du yaourt de dattes se distingue comme étant la mieux formulée. Sa composition est la suivante :

- Lactosérum.
- Lait en poudre.
- Sucre.
- Les ferments Lactiques.
- Sirop de datte.

Ce yaourt se distingue par son bon goût et sa composition équilibrée. Il a une texture agréable, une belle apparence, une acidité bien dosée et une douceur correcte et il sent aussi bon.



Conclusion Générale



Conclusion générale

L'objectif de ce mémoire était d'explorer le potentiel de valorisation du lactosérum, sous-produit souvent négligé de l'industrie fromagère, dans la formulation d'un yaourt fonctionnel enrichi en dattes, carottes, graines de chia et de lin. Cette approche s'inscrit pleinement dans une démarche de développement durable visant à réduire le gaspillage agroalimentaire tout en innovant sur le plan nutritionnel. Les résultats obtenus ont démontré que l'utilisation du lactosérum comme ingrédient principal contribue non seulement à l'amélioration des caractéristiques nutritionnelles du yaourt (notamment en protéines, lactose, minéraux et vitamines hydrosolubles), mais aussi à une meilleure texture et onctuosité. L'ajout des dattes et des carottes a permis d'enrichir le produit en fibres, antioxydants et sucres naturels, évitant ainsi l'usage de sucre ajouté par grande quantité. Les graines de chia et de lin, quant à elles, ont apporté des acides gras essentiels, des protéines végétales et une texture gélifiante intéressante. Le produit final s'est distingué par ses qualités nutritionnelles, sensorielle et fonctionnelles, répondant aux attentes des consommateurs modernes en quête d'aliments sains, naturels et durables. Ce travail a également mis en lumière la possibilité d'intégrer des coproduits et des matières premières locales dans des formulations innovantes, à forte valeur ajoutée. L'analyse sensorielle a révélé une bonne acceptabilité du produit final par les consommateurs, où les connaisseurs ont accepté de choisir le meilleur produit en termes de caractéristiques organoleptique qui est représenté dans le yaourt de datte. Il est bon en termes de goût, d'odeur, d'acidité et aussi avec une bonne touche et une couleur frappante.

En conclusion, la valorisation du lactosérum par la formulation d'un yaourt enrichi en ingrédients fonctionnels issus de ressources locales constitue une alternative prometteuse, à la fois pour réduire les déchets agroalimentaires et pour développer des produits nutritionnellement intéressants répondant aux nouvelles attentes des consommateurs. Ce projet ouvre également la voie à d'autres travaux visant l'optimisation des procédés de transformation et l'évaluation des effets sur la santé à plus long terme.



Références
Bibliographies



Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Adrian, J., Legrand, G., & Frangne, R. (1991). *Dictinnaire de biochimie alimentaire et de nutrition.Tec et doc.* (éd. 3 éme). Lvoisier.
- AFNOR. (1986). *Recuell des normes français .lait et produit laitier .méthodes d'analyses .*
- AFNOR. (1980). *Recueil de norme francaise laitetles produits laitiers.* Paris.
- Alais, & Linden. (1997). *Abrégé de biochimie alimentaire* (éd. 4). Paris.
- Alais, c., Linden, G., & Miclo, L. (2002). *Biochimie alimentaire* (éd. 6).
- Amarigillos, S., & Petransxiens., D. (1974). *Controle de la qualité des produit laitiers .direction des services vétérinaires minostère de l'agriculture.* France.
- Amiot, J., Fournier, S., Lebuef, Y., Paquin P., Simpson, R., & Turgeon, H. (2002). *Composition, propriété physicochimique, valeur nutritive, qualité technologique et technique d'analyse du lait . In VINGOLA SCIENCE ET TECHNOLOGIE DU LAIT - Transformation du lait.* (C. Vingola, Éd.) Montréal: Ecole polytechnique.
- Angela, T. A. (2017). *Étude environnementale comparative des procédés de valorisation du lactosérum, Mémoire, Maîtrise en génie agroalimentaire Maître ès sciences.* Québec, Canada: Université LAVAL.
- Anonyme. (1997). Yaourt, laits fermentés. 321 -358.
- Baghli, M. E. (2021). Etude comparative: valorisation du lactosérum comme sous produit de l'industrie laitière. *mémoire .* Tlemcen.
- Bauchet A, M. (S.d). *La pectine est une substance uniquement issue des fruits et des légumes. Anti-A. [En ligne].* Consulté le 6 9, 2025, sur <https://www.anti-a.org/news/fr/pectine>
- Besbes, S., Drira, L., Blecker, C., & Deroanne, C. (2009). Adding value to hard date (Phoenix dactylifera-L). Compositional, functional and sensory characteristics of dates. .112,406-411. *Food chemistry* , 406-411.
- Boulariah, L., & Boukela, L. (2019). *Essai de formulation d'un yaourt à boire à base de lactosérum et de purée de carotte .mémoire de master.* Tizi ouzzou: Université Mouloud Mammeri.
- Boulekroune, A., & Debbah, A. (2019). *Valorisation du lactosérum pour la production d'une enzyme coagulante du lait,Mémoire, Master en science biologique.* CONSTANTINE: Université Frère Mentouri Constantine 1.
- Bourgois. (1996). *Fermentation alimentaire* (éd. 2). Paris.
- Bouslimani, L., & Chafai, M. (2023). *Valoristion du lactosérum dans le yaourt à boire.* TIZI OUZZOU: Université Mouloud Mammeri.
- BruléG, j. e. (2008). *les produits laitiers* (éd. techniques et documentations ;lavoisier). paris .

Références bibliographiques

- Buddhi, P. J., Shyamal, K. G., & Shwyta, P. (2021). Protocols in Biochemistry and Clinical Biochemistry. Chapter 4 - Protein. 31-48.
- Cherabi, D., Djema, M., & Siad, L. (2022). *Elaboration d'un fromage frais enrichi par la graine de lin. Mémoire de Master*. TIZI OUZZOU.
- Chndan. (2017). *chapitre 02 - an overview of yogurt production and composition InNP* (éd. sshah).
- Claustrioux J, J. (2001). Considérations sur l'analyse statistique de données sensorielles.
- Codex. (s.d.). Codex Alimentarius: Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie cxs 206-19991 Adoptée en 1999. Amendée en 2022.
- Codex, a. *codex général standar for chesse, codex stan 283*.
- Codex, a. (2022). *Norme codex pour les laits fermentés (yaour ,yaourts aromatisés , lait fermenté ...)* (cxs 243-2003).
- Codex, A. (2018). *Norme pour les produits laits fermentés (CXS243-2003)*.
- Codex, a. *Normes codex pour les poudres du lactosérum*.
- consultant, D. (2013). *dairy science information (online)* .
- coste, s. (1995). *yogurt as a calcium source , danone world newsletter*.
- Desobry Banon S, V. e. (1999). *health benefits of yogurt consumption : a review international journal of food properties*.
- Diane, M., Theima, B., & M. Beatriz, P. (2019). Les graines de chia: une céréale ancienne à la mode dans l'alimentation humaine moderne .
- Din, Z., Alam, M., & Ullah, H. (2021). Nutritional, phytochemical and therapeutic potential of chia seed (*Salvia hispanica* L.). *Graines de (à gauche) et graines de après trempage dans l'eau.* (Din Z., Alam M., Ullah H., Shi D., Xu B., Li H., Xiao A mini-review. *Food Hydrocolloids for* .
- Direction, d. (2018). *fiche technique : la carotte -Daucus carota L. Gouvernement de la polynésie française* . Récupéré sur [Https://www.service-public.pf/dag](https://www.service-public.pf/dag) .
- Djellali. (2024). *essai de fabrication d'un yaourt fruité aux dattes à base de lactosérum doux issus de lait de vache*. tiaret, universiter ibn khaldon : mémoire master.
- Drissi, a., & Dib, m. e. (2022). *essai de fabrication et de caractérisation d'un yaourt à base de sirop de différentes variétés de dattes garmi aux graines de sésame*. tlemcen, universitier aboubeker belkaid : mémoire master.
- Eric, S. (2005). *La valorisation du lactosérum par fermentaion: description et facettes d'une nouvelle technologie. Thèse pour l'obtention de doctorat en biologie* . Québec: INRS- Insitut Armand-Frappier.

Références bibliographiques

- FAO. (2015). *Base de données FAO/ INFOODS sur la densité*.
- FAO. (2015). *base des données FAO/INFOODS sur la densité*.
- FAO. (s.d.). *La composition du lait*. Organisation des nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- FAO. (1995). *les laits et les produits laitiers dans la nutrition humaine*. (chapitre 05, Trad.) Rome, Italie.
- FAO/WHO. (2015). *General specifications for pectins (INS 440). Compendium of food*.
- Fox, P., McSweeney, P., P.L.Coga, N., & Guinee, T. (2004). *Dairy chemistry physico and microbiologie* (Vol. 1).
- Fox, P.F; Uniacke-Lowe, T; McSweeney, P.L.H; O'Mahony, J.A. (2015). *Dairy Chemistry and Biochemistry* (éd. 2). Switzerland.
- Germaine, E. F. (2017). *Boissons fermentée de type yogourt à boire enrichies en protéines de lactosérum et probiotique, Mémoire, Maitrise en science et technologie des aliments*. Québec, Canada: Université LAVAL.
- Goursoud, J. (1985). *Composition et propriété physicochimique dans : lait et produits laitiers de vache*. Paris.
- Hammou-tani, S. (2016). *Identification des bactéries format dans le lait de vache pasteurisé, Master en agronomie*. Tlemcen: Université.
- HN, K. P. (2004). *yoghurt powder - a review of process technologie , storage and utilization . food and bioproducts processing .*
- Jolanta, B., Tomasz, D., Emilia, J., & Bartosz, S. (2016). Use of whey and whey preparations in the food industry - a Review. *polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 66, 157.
- JORA. (1998). *Journal officiel de la république Algérienne, lait et produits laitiers*.
- Kaid slimane, D., & Malti, S. (2024). *effet de certains paramètres technologiques sur la qualité d'une préparation laitière type « yaourt » au sirop de dattes (Rob) Mémoire de Master*. Tlemcen: Université Aboubeker Belkaid.
- Labioui, L., Elmoualdi, A., Benzakour, M., Elyachioui, E., & Berny, M. (2008). *étude physicochimique et microbiologique de laits crus*.
- Lefebvre, A., & Bassereau, F. (2003). L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception: ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration. Application aux emballages. *Journal of Sensory Studies* .
- Machou, I., & Merakha, R. (2021). *Contribution à l'évaluation de l'activité antioxydante des graines de Chia Salvia hispanica. Mémoire de Master*. Tlemcen: université Aboubeker Belkaid.

Références bibliographiques

- Magali, p. (2012). *la transformation fromagère caprine fermière ,bien fabrique pour mieux valoriser ses fromages de chèvre* (éd. TEC et DOC). france : lavoisier .
- MahautM. (2000). *les produit industriels laitiers* (éd. TEC et DOC lavoisier).
- Masa K, H., Maja, I., Darija, C., & Zeljko, K. (2019). Graines de (*salvia hispanica L.*) : aperçu du profil phytochimique, méthodes d'isolmebt et application.
- Mathiou, J. (1999). *Initiation à la physicochimie du lait*.Paris: voisier.
- May, C. (1999). *Industrial pectins : Sources, production and applications. Carbohydrate Polymers*.
- Mckinley. (2005). *the nutrition and health benefits of yagurt*. international journal of dairy technologie .
- MicheL, L. (2002). *Produits laitère fermentés,LUT*. école d'ingénieurs.
- Nacer, N., & Tigrine, T. (2020). *Incorporation des grains du lin dans un yaourt industriel " Ramdy" .Mémoire fin d'étude en vue de léobtention du diplome Master . BOUIRA : Université AKLI MOHAND OULHADJ*.
- peyront, G. (2000). *Cultiver le palmier dattier, de recherche et d'information (G.R.I.D.A.O)*. Montpellier.
- Pirre, S., Bouhallab, S., Vareille, P., & Humbert, J. (2004). *Séchage des lactosérums et dérivés: rôle du lactose et de la dynamique de l'eau. Le Lait,*
- Pougheon, S. (2001). *CONTRIBUTION A L'ETUDE DES VARIATION DE LA COMPOSITION DU LAIT ET SES CONNSEQUENCES EN TECHNOLOGIE LAITIERE Thèse pour obtenir le garde de DOCTEUR VETERINAIRE*. Toulouse.
- Rouillé, B., Peyraud, , J., Hurtaud, C., & Brunschwig, P. (2011). La composition en acides gras du lait de vache : les possibilités d'action par l'alimentaion.
- Sedrata, R. (2022). *Effet de différentes doses de fertilisants (fumier des ovins)sur la production et la remtabilité de carotte (Daucus carota L). mémoire de master ,université mohamed khaider de biskra*. Biskra: Université Mohamed khaider .
- Si Larbi, K., & Selloum, N. (2021). *Essai D'élaboration d'un yaourt naturel fonctionnel à base de gombo et la graine de lin comme prébiotiques*.Tizi ouzzou: Université Mouloud Mammeri.
- Smithers, G. w. (2008). *Whey and whey proteins- from gutter-to-gold . International dairy Journal .*
- SPALATELU, C. (2012). *BIOTECHNOLOGICAL VALORISATION OF WHEY. Innovation Romanian Food Biotechnology, 10, 2.*
- Sylvie, L., & Bourdier, J. (2011). *la valorisation de la matière première lait, évolution passé et perspectives. Innovations agronomiques , 1-12.*

Références bibliographiques

Thomas, C., Romain, J., & Gérard, B. (2008). *Fonfements physicochimique de la technologie laitière*. france.

TraoreAS, S. e. (2011). *la flore microbienne et les propriétés fonctionnelles des yaourts et laits fermenté*. international journal of biologie and chemical science.

Vesseyre, R. (1979). *Technologie du lait: constitution récoltetraitement et transformation du lait*. la maison rustique.

Vingola, C. (2002). *SCIENCE ET TECHNOLOGIE DU LAIT - Transformation du lait*. Montréal: Ecole polytechnique.

Wassem, K., Muhammad S, A., Afifa, A., Muhammad, A., Tahira B, Q., Fareed, A., et al. (2022). Les graines de (salvia hispanica L.) : une arme thérapeutique dans les troubles métabolique. *Food science & Nutrition* .

Wikipédia. (S.D). *Lin cultivé* . Consulté le 6 9, 2052, sur Wikipédia: https://fr.wikipedia.org/wiki/Lin_cultiv%C3%A9

Yelles-chaouche, F. (2002). *contributin à la valorisation du lactosérum doux par lyophilisation, Mémoir, MAGISTER en technologie alimentaire*. Boumerdes: Université M'Hamed BOUGUERRA.

Youssef, M., & Yousfi, M. (2024). Caractérisation et potentialités de valorisation des effluents laitiers de fromagerie : Revue de l'art et perspectives de nouvelles technologies. 8, 1078.

Ziad, M., & Meddas, K. (2023). *Valorisation d'un produit des dattes « el Rob »*.Mémoire de Master. Biskra: Université mohamed khaider .



Annexes



Annexe

Annexe N° :01

Les appareillages :

- pH mètre
- Etuve
- Four à moufle
- Réfrigérateur
- Balance
- Agitateur magnétique

Verrerie :

- Des béchers
- Burette
- Fiole jaugées
- Papier filtre
- Entonnoirs
- Pipettes graduées
- Creuset

Réactifs :

- Eau distillée
- Solution de NaOH
- Phénolphtaléine
- Ethanol
- Sulfate de cuivre.
- Acétone

Annexe

Annexe N° :02 Préparation des solutions

1. Solution de NaOH 0.1N

Pour préparer une solution de NaOH 0.1N on utilise une fiole jaugée de 500mL dans laquelle on introduit 2 g de soude pesée à l'aide d'une balance de précision, puis on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

2. Phénolphthaléine

Pour préparer la solution de phénolphthaléine (1%), on mesure 10 mL d'éthanol à l'aide d'une éprouvette, puis on y ajoute 0.1g de poudre de phénolphthaléine, pesé avec précision à l'aide d'une balance de haute précision, le mélange est ensuite soigneusement homogénéisé dans un flacon.

3. Sulfate de cuivre

Pour préparer la solution de sulfate de cuivre nous avons mis une masse de 0.3 g de sulfate de cuivre dans une fiole jaugée de 10 mL, puis nous avons complété avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Nous avons bien mélangé la solution jusqu'à ce qu'elle soit homogène.

Annexe

Annexe N°3 :fiche de teste de dégustation

Comment trouvez le produit ? (cochez la bonne réponse)

➤ Couleur

	Acceptable	Pas acceptable
Yaourt de sirop de datte		
Yaourt de graines de chia		
Yaourt de purée de carotte		
Yaourt de graine de lin		

➤ Odeur

	Bonne	Moyenne	Pas bonne
Yaourt de sirop de datte			
Yaourt de graines de chia			
Yaourt de purée de carotte			
Yaourt de graine de lin			

➤ Goût

	Bon	Moyen	Pas bon
Yaourt de sirop de datte			
Yaourt de graines de chia			
Yaourt de purée de carotte			
Yaourt de graine de lin			

➤ Acidité

	Trop	Acceptable	Peu
Yaourt de sirop de datte			
Yaourt de graines de chia			
Yaourt de purée de carotte			
Yaourt de graine de lin			

➤ Texture

	Homogène	Intermédiaire	Hétérogène
Yaourt de sirop de datte			
Yaourt de graines de chia			
Yaourt de purée de carotte			
Yaourt de graine de lin			

➤ Consistance

	Epaisse	Moyenne	Liquide
Yaourt de sirop de datte			
Yaourt de graines de chia			
Yaourt de purée de carotte			
Yaourt de graine de lin			

Annexe

Annexe N°4 :

- Les analyses physico-chimiques :



figure : l'analyse de masse volumique

figure : la détermination de la teneur en cendres



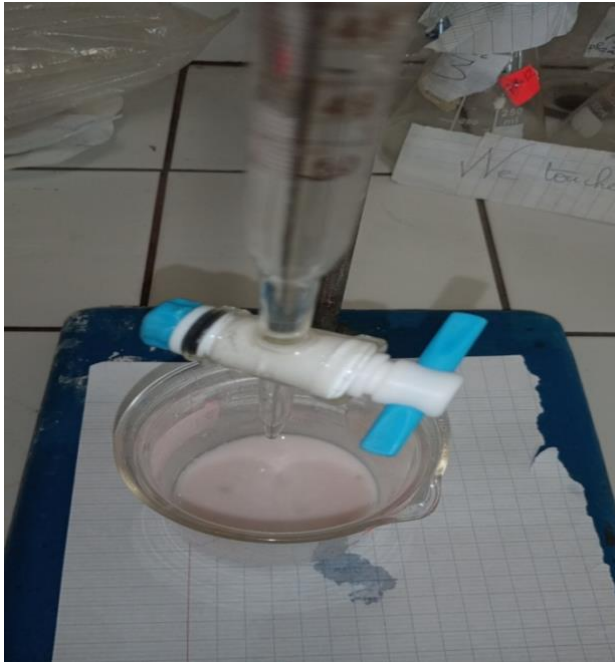


Figure : l'analyse de l'acidité



Figure : l'analyse de la présence de protéine



Figure : l'analyse de la teneur en pectine



Figure : l'analyse de l'extrait sec et l'humidité



- **L'analyse sensorielle :**
Figure : la séance de dégustation

