

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université M'hamed Bougara, Boumerdes



Département : Génie des procédés

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie des Procédés

Option : Génie Alimentaire

THEME

**Elaboration et caractérisation d'un fromage fondu à
potentiel antidiabétique par y incorporation de la
poudre de feuilles du laurier (*laurus nobilis*)**

Présenté par :

MALEK Siham

MANI Nessrine

Soutenu le : 11/07/2019

Devant le Jury:

ANNOU S.

M.A.A

Présidente

UMBB

TRACHI M.

M.C.B

Promoteur

UMBB

LECHHAB F.

M.C.B

Examinatrice

UMBB

Promotion 2019

Remerciement

Avant tout, nous remercions le Dieu tout puissant de nous avoir donné le courage, la patience, et la volonté pour achever ce modeste travail.

*Nous remercions particulièrement notre promoteur **Mr TRACHI M.** de nous avoir encadrées, orientées, aidées et conseillées pendant la réalisation de notre travail.*

*On remercie vivement l'ensemble des membres du jury : **Madame ANOU S.** qui nous a fait l'honneur de bien vouloir accepter d'examiner ce travail et **Madame LACHEB F.** pour accepter de faire partie de ce jury.*

Nous exprimons notre remerciements et notre gratitude à tous les travailleurs de laboratoire de LFB de nous avoir orientées et encouragées pendant toute la durée de travail.

Enfin, nous remercions tout ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ainsi l'expression de nos profondes gratitude et respects.

Dédicace

À la chandelle de ma vie, à la lumière de mon univers, à la source de mon pouvoir, à la femme qui m'a mise

À mon monde : ma mère

À mon père Allah yarahmou

À ma sœur adorable Wafa

À mon neveu Iyad

À mes nièces Racha et Lina

À ma tante Lamia et ma cousine Chiraz

À ma tante Nabila

À mon binôme Siham que j'aime beaucoup

À mes chers amis (e) de l'université Souad et Maïssa et tout le groupe de Génie Alimentaire

À mes chères amies Ahlem et Fatima

À tous ce qui me connaissent de près ou de loin

À tout ce qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce modeste travail

Nessrine

Dédicace

Grace Allah

je dédie ce modeste travail, à mes très chères au monde mes parents qui mon toujours soutenu, et ont été toujours à mes cotés et m'encourage durant mes études, à toi Maman, ma Grande Mère que Dieu vous protège et vous donne la pleine santé et le plein d'amour du monde, de joie et d'attestation.

A ma sœur Imene je te réserve toujours une place dans mon cœur

A mes oncles et tantes Mohamed, Fatiha, Hassina, Fateh, Ahcen, Nacira, Aicha, Nora, Samia, Mounira, est pour moi l'occasion de vous remercier pour tous les efforts.

A ma cousine Djamila et Nadjet qui mon trop aidé

A toi Nessrine je t'adore énormément

A mes amis (e) : Souad, Maïssa, Farida, Assia, Hamida, Nassima, tout le groupe G. Alimentaire

A tous qui ma aidé de prés ou de loin

Siham

ملخص

تتكون الدراسة الحالية بشكل رئيسي من تطوير وتحليل، على المستويات الفيزيائية والكيميائية، لطعام وظيفي تم تحضيره، في كتلة جبن ذائبة. خلال دمج مسحوق الغار، الذي يتميز بإمكانياته المضادة لمرض السكر، أشارت مؤشرات التدفق (46.39 درجة) وقابلية التبلل (21 ثانية) إلى أن مسحوق الغار سائل وقابل للبلل. أظهر التحليل الفيزيائي الكيميائي أن مسحوق الغار هو مصدر مهم للأحماض العضوية (7%) والمعادن، معيرًا عنها بالرماد (3%) ويحتوي على كمية مثيرة للإعجاب من المركبات الفينولية (210 مغ/غ) منها 70% من الفلافونويد (73%). أثرت إضافة المسحوق بشكل كبير على لون وطعم المنتج الغني، والذي يصبح أقل وضوحًا مقارنةً بجبن الشاهد لبعض جرعات المسحوق، فإن الخصائص الكيميائية للمسحوق المدمج ليس لها تأثير واضح على جودة الجبن المحضر كما أن هنالك عينات ذات التركيز العالي غير مقبولة، فإن الخصائص الكيميائية للمسحوق المدمج ليس لها تأثير واضح على جودة الجبن المحضر. تتميز الجبنة المصنعة بجودة بكتريولوجية مقبولة وفقًا للمعايير الموضحة في الجريدة الرسمية الجزائرية

Résumé

La présente étude consiste essentiellement en l'élaboration et l'analyse, sur les plans physicochimique et microbiologique, d'un aliment fonctionnel préparé par l'incorporation de la poudre de laurier (*laurus nobilis*), caractérisé par son potentiel antidiabétique, dans la masse d'un fromage fondu. Les indices d'écoulement (46,39°) et de mouillabilité (21s) ont indiqué que la poudre de laurier est de caractère fluide et très mouillable. La caractérisation physicochimique a montré que de la poudre de laurier est une source non négligeable d'acides organiques (7%) et de minéraux, exprimés sous forme de cendres (3%) et présente une quantité impressionnante de composés phénoliques (210 mg/g) dont 70 % sont des flavonoïdes (73%). L'ajout de la poudre a significativement influencé la couleur et le goût du produit enrichi qui devient moins appréciable par rapport au fromage témoin pour certaines doses de poudre. Les produits élaborés étant désagréables pour des doses élevées. Excepté le taux en EST, les propriétés chimiques de la poudre incorporée n'ont pas d'impact prononcé sur la qualité du fromage préparé. Le fromage élaboré est de qualité bactériologique acceptable selon les normes indiquées par le JORA.

Mots-clés : Laurier, fromage, diabète, poudre, plante médicinale, aliment fonctionnel, enrichissement.

Abstract

The present study mainly consists in the development and the analysis, at the physicochemical and microbiological levels, of a functional food prepared by the incorporation of laurel powder (*laurus nobilis*), characterized by its antidiabetic potential, in the mass a melted cheese. The indices of flow (46.39 °) and wettability (21s) indicated that the bark powder is of a fluid and very wettable character. The physicochemical characterization has shown that laurel powder is a significant source of organic acids (7%) and minerals, expressed as ash (3%) and has an impressive amount of phenolic compounds (210 mg / g) of which 70% are flavonoids (73%). The addition of the powder significantly influenced the color and taste of the enriched product, which becomes less appreciable compared to the control cheese for certain doses of powder. The elaborate products being unpleasant for high doses. Except for the TSE level, the chemical properties of the incorporated powder have no pronounced impact on the quality of the prepared cheese. The processed cheese is of acceptable bacteriological quality according to the standards indicated by the JORA.

Keywords: laurel, cheese, diabetes, powder, medicinal plant, functional food, fortification.

Sommaire

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Les plantes médicinales

1. Définitions.....	3
1.1. Plante médicinale.....	3
1.2. Phytothérapie.....	3
2. Principes actifs des plantes médicinales.....	3
2.1. Les phénols.....	3
2.2. Flavonoïdes, tanins et anthocyanes.....	3
2.3. Huiles essentielles et alcaloïdes.....	4
2.4. Saponines, glycosides et polysaccharides.....	4
2.5. Substances amères.....	4
2.6. Vitamines et minéraux.....	4
3. Recensement des plantes antidiabétiques.....	5
4. La plante médicinale sélectionnée : <i>Laurus nobilis</i>	6
4.1. Classification botanique.....	6
4.2. Noms de laurier.....	6
4.3. Origine et distribution.....	7
4.4. Description botanique.....	7
4.5. Composition chimique.....	7
4.6. Utilisation des feuilles de <i>Laurus nobilis</i>	8

Chapitre II : Le diabète

1. Définition.....	9
2. Types et classification.....	9
2.1. Diabète type I.....	9
2.2. Diabète type II.....	9
2.3. Autres types de diabète.....	10

Chapitre III : Généralités sur les fromages

1. Définition.....	11
1.2. Classification.....	11
1.2.1. Fromage frais ou à pâte fraîche.....	11
1.2.2. Fromage à pâte molle.....	11
1.2.3. Fromages à pâte pressée.....	11
1.3.4. Fromage fondu.....	11
1.3. Types du fromage fondu.....	12
1.3.1. Fromage fondu en bloc.....	12
1.3.2. Fromage fondu en portion.....	12
1.3.3. Saucisses de fromage fondu.....	12
1.3.4. Fromage fondue boites métalliques.....	12
1.3.5. Fromage en barquettes en pots verre.....	12
1.3.6. Fromage fondu en tube.....	12
1.3.7. Le fromage fondu décoré.....	12
1.3.8. Fromage fondu en tranche.....	13

1.4. Composition du fromage fondu.....	13
2. Le fromage fondu pasteurise.....	13
2.2. Composant du fromage fondu pasteurisé.....	13
2.2.1. Cheddar.....	13
2.2.2. Poudre de lait.....	14
2.2.3. Eau de procès.....	14
2.2.4. Sels de fonte.....	14
3. Processus de fabrication du fromage fondu pasteurisé.....	14
3.1. Nettoyage.....	14
3.2. Découpage et broyage du fromage.....	14
3.3. Pesage et mélange des ingrédients.....	14
3.4. Cuisson et traitement thermique.....	15
3.5. Refroidissement.....	16
4. Paramètres de contrôles.....	16
4.1. Contrôle physico-chimique.....	16
4.2. Contrôle organoleptique du produit fini.....	16
4.3. Contrôle microbiologique.....	16

PARTIE EXPERIMENTALE

Matériel et méthodes

1. Introduction.....	17
2. Présentation des matières premières.....	17
2.1. Les feuilles de laurier (<i>laurus nobilis</i>).....	17

2.1.1. Choix de l'utilisation des feuilles du laurier.....	18
2.1.2. Préparation de la poudre des feuilles de laurier (PFL).....	18
2.2. Autres matières premières.....	19
2.2.1. La poudre du lait.....	19
2.2.2. Le cheddar.....	19
2.2.3. Les sels de fonte.....	20
3. Caractérisation de la poudre des feuilles de laurier (<i>laurus nobilis</i>).....	20
3.1. Caractérisation physique de la poudre.....	20
3.1.1. Granulométrie de la poudre.....	20
3.1.2. Masses volumiques et Porosité.....	20
3.1.3. Détermination de l'aptitude à la réhydratation : indice de mouillabilité.....	22
3.1.4. Détermination de l'indice d'écoulement (angle de repos).....	22
3.2. Caractérisation physicochimique de (PFL).....	23
3.2.1. Détermination des teneurs en eau et matière sèches.....	23
3.2.2. Déterminer du pH.....	23
3.2.3. Détermination de l'acidité titrable.....	24
3.2.4. Détermination de la teneur en cendres.....	25
3.2.5. Extraction et dosage des Poly phénols totaux.....	25
3.2.6. Extraction et dosage des flavonoïdes totaux.....	27
4. Méthode de préparation du fromage.....	27
4.1. Ingrédients utilisés.....	28

4.2. Mode de préparation.....	28
4.3. Proportions de la poudre incorporées.....	29
5. Analyses des produits finis.....	29
5.1. Analyse sensorielle.....	29
5.2. Analyses physicochimiques.....	30
5.2.1. Détermination de pH	30
5.2.2. Détermination de la teneur en matières grasses (MG).....	31
5.2.3. Extrait sec total et teneur en eau.....	31
5.3. Analyses bactériologiques.....	31
5.3.1. Dénombrement des Coliformes totaux.....	32
5.3.2. Dénombrement des Coliformes fécaux.....	33
5.3.3. Dénombrement des Staphylococcus aureus.....	34
5.3.4. Dénombrement des Salmonelles.....	35
5.4. Analyses statistiques.....	36

Résultats et discussion

1. caractérisation de la poudre des feuilles de laurier (<i>laurus nobilis</i>).....	37
1.1. Caractérisation physique de la poudre.....	37
1.1.1. La Granulométrie de la poudre.....	37
1.1.2. Masse volumique et porosité	38
1.1.3. Détermination de l'aptitude à la réhydratation : Indice de mouillabilité.....	39
1.1.4. Indice d'écoulement (angle de repos).....	39

1.2. Caractérisation physicochimique de (PFL).....	40
1.2.1. Teneurs en eau et matière sèches.....	40
1.2.2. Acidités potentielle et titrable.....	40
1.2.3. Teneurs en cendres.....	41
1.2.4. Quantification des composés phénoliques.....	42
1.2.5. Dosage des flavonoïdes.....	42
2. Caractérisation des produits préparés.....	43
2.1. Caractérisation sensorielles.....	43
2.1.1. Analyses de la variance des résultats des testes sensoriels (ANOVA).....	44
2.2. Analyses physicochimique des produits préparés.....	46
2.2.1. Teneur en eau.....	46
2.2.2. Extrait sec total (EST).....	47
2.2.3. Acidité potentielle.....	47
2.2.4. Matières grasses.....	48
2.3. Analyses microbiologiques.....	49
Conclusion	50
Références	
Annexes	

*Liste des tableaux et
des figures*

Liste des figures

Chapitre I : Les plantes médicinales

Figure 1 : La plante de laurier (<i>Laurus nobilis</i>).....	7
--	---

Chapitre III : Généralités sur le fromage

Figure 1 : schéma générale de la chaine de fabrication du fromage fondu pasteurisé.....	15
---	----

Matériel et méthodes

Figure 1 : Quelques feuilles de laurier utilisé dans la présente étude.....	17
---	----

Figure 2 : Principales étapes de la préparation de la poudre de laurier.....	18
--	----

Figure 3 :Principe de la détermination de l'angle de repos.....	22
---	----

Figure 4 : Principales étapes d'extraction des polyphénols.....	25
---	----

Figure 5 : Diagramme de fabrication fromage fondu pasteurisé au niveau de l'unité LFB..	28
---	----

Figure 6 : Fiche du teste hédonique.....	30
--	----

Résultats et discussion

Figure 1 : Résultats de l'analyse de la granulométrie de poudre analysée laurier.....	37
---	----

Figure 2 : Teneurs en eau et en matières sèches des PFL.....	40
--	----

Figure 3 : Acidités titrable et potentielles de la poudre de laurier (<i>Laurus nobilis</i>).....	41
---	----

Figure 4 :Teneurs en cendres et en matières organiques de la PFL.....	42
---	----

Figure 5 : Composés phénoliques des feuilles du laurier.....	42
--	----

Figure 6 : Résultats de l'appréciation de la couleur et du goût des fromages préparés.....	45
--	----

Figure 7 : Teneur en eau des fromages élaborés.....	46
---	----

Figure 8 : EST contenu dans le fromage fondu analysé.....	46
---	----

Figure 9 : Acidité potentielle du fromage préparé.....	47
--	----

Figure10 : Matières grasses contenues dans les fromages analysés.....	48
---	----

Liste des tableaux

Chapitre I : Les plantes médicinales.

Tableaux 1: Quelques études ethnobotaniques sur les plantes antidiabétiques dans le monde. 5

Tableau 2 : Classification botanique de *Laurus nobilis*. 6

Chapitre III : Généralité sur le Fromage

Tableaux 1 : Composition moyenne des éléments constitutifs du fromage fondu (dans 100g de partie comestible). 13

Matériel et méthodes

Tableaux 1 : Préparation de la dilution d'acide gallique. 26

Tableaux 2 : Ingrédients pour 1 kg de fromage fondu. 28

Tableaux 3 : Proportion de poudre incorporée dans la masse de fromage. 29

Tableaux 4 : Echelle de l'évaluation organoleptique des différentes formulations. 29

Résultats et discussion

Tableaux 1 : Granulométrie des particules de la poudre de laurier. 38

Tableaux 2 : Quelques propriétés physiques de la poudre de laurier. 38

Tableaux 3 : Evaluation sensorielle du goût des fromages préparés. 43

Tableaux 4 : Appréciation sensorielle de la couleur des produits préparés. 44

Tableaux 5 : Anova de l'évaluation du goût des différentes formulations de fromage préparées. 45

Tableaux 6 : Anova de l'évaluation du goût des différentes formulations de fromage préparées. 45

Tableaux 7 : Résultats d'analyses microbiologiques du fromage préparé. 49

Liste des abréviations

Abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

FAO : Food and Agriculture Organization

OMS : Organization Mondial Santé

MG : Matières Grasses

EST : Extrait Sec Total

H : Humidité

pH : Potentiel Hydrométrique

M_s : Matière Sèche

M_h : Matière humide

PFL : Poudre des Feuilles de Laurier

IM : Indice de Mouillabilité

A : Acidité Titrable

AG : Acide Gallique

TSE :Tryptone Sel Bouillon

BLMT : Bouillon Lactose Mannitol Tamponné

SFB : Bouillon au Sélénite Acide de Sodium

EPM : Encyclopédie des plantes médicinales

ADA : American Diabète Association

*Introduction
générale*

Depuis l'antiquité les plantes médicinales ont servi comme première source de médicament pour l'homme.

La plante médicinale se définit comme toute plante renfermant un ou plusieurs principes actifs capables de prévenir, de soulager ou de guérir certaines maladies ((Iserin, 2001).

Environ 250000 à 500000 espèces de plantes ont été répertoriées dans le monde. Un pourcentage faible (1 à 10%) est utilisé comme nourriture pour l'homme et les autres espèces animales alors qu'un taux plus élevé est utilisé en médecine traditionnelle et présente un sujet de recherche très intéressant (Cowan, 1999).

L'OMS estime que 80% de la population se soigne par la médecine traditionnelle (Khalil et al., 2007).

En médecine traditionnelle, de nombreuses maladies sont soignées par les plantes médicinales. On cite entre autres, maladies cardiovasculaires, troubles digestifs, hyper-cholestérol, et le diabète sucré (Schauen berg et Paris, 1977).

Le diabète sucré est un groupe de maladie métabolique caractérisé par une hyperglycémie résultant soit de défauts de la sécrétion soit de l'action de l'insuline, ou des deux conjuguées (OMS, 2002). Cette hyperglycémie chronique provoque des complications dégénératives plus ou moins graves touchant le cœur, les vaisseaux, les yeux, les reins et les nerfs (Capet et al., 1999). Le nombre de diabétiques dans le monde était de 150 millions en 2000 et, en absence de mesure de prévention primaire indispensable, il atteindra 235 millions en 2025 (Hamza, 2011).

Pour contrecarrer à cette maladie qui constitue un problème de santé publique, aussi bien dans le monde qu'en Algérie, différents traitements chimiques sont proposés sous différentes formes. Etant des produits synthétiques, leur utilisation peut engendrer des effets secondaires souvent indésirables.

D'où la nécessité de faire appel à l'usage des produits dits « bio », à l'image des plantes médicinales ayant montré leur efficacité, à certaines mesures, sans conséquences importunes.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent travail qui porte essentiellement sur la préparation et la caractérisation d'un fromage fondu enrichi avec de la poudre de laurier (*laurus nobilis*). Plante médicinale connue par ses potentiels anti-

glycémiques, disponible localement et qui était pendant longtemps employée dans la nourriture comme condiment et en médecine traditionnelle en Algérie.

*Synthèse
bibliographique*

Chapitre I :

Les plantes médicinales

1. Définitions

1.1. Plante médicinale

La plante médicinale se définit comme « toute plante renfermant un ou plusieurs principes actifs capables de prévenir, de soulager ou de guérir certaines maladies» (**Encyclopédie des plantes médicinales, 2001**).

Dans certains pays, les plantes dites médicinales sont celles inscrites à la Pharmacopée et qui sont reconnues comme des médicaments. Leur vente est exclusivement réservée aux pharmaciens ainsi qu'aux herboristes, à l'exception de certaines d'entre elles qui sont en vente libre, et qui correspondent fréquemment aux plantes aromatiques utilisées dans les préparations culinaires.

1.2. Phytothérapie

C'est le traitement (médecine parallèle) par les plantes, c'est-à-dire la consommation ou l'utilisation en voie externe, de produit préparés de plantes, on ne consomme pas seulement le principe actif, mais tout ce que contient la plante, (**Iserin, 2001**).

2. Principes actifs des plantes médicinales

Il existe de 200 000 métabolites secondaires dont plus de 200 présentent une activité hypoglycémiant (Lamba et al., 2000 ; Sanjay, 2002).

2.1. Les phénols

Il existe une très grande variété de phénols allant des composés simples, comme l'acide salicylique, à des substances plus complexes comme les composés phénoliques auxquels sont rattachés les glucosides. Ils sont dotés de plusieurs propriétés biologiques : anti-inflammatoires, antiseptiques, antioxydants et peuvent avoir des propriétés antivirales (**Iserin, 2001**).

2.2. Flavonoïdes, tanins et anthocyanes

Faisant partie de la famille de polyphénols, ces composés ont un important champ d'action et possèdent de nombreuses vertus médicinales. Ils induisent la régénération des cellules β et la sécrétion d'insuline ou niveau de l'organisme (**sheehan et Zemaitis, 1983 ; Saxena et Vikram, 2004**).

Les tanins sont des substances faites par un mélange de glucosides et d'acide gallique. On les rencontre en petite quantité, dans de très nombreuses plantes (**Kadda, 2015**).

Les anthocyanes sont issus de l'hydrolyse des anthocyanides (flavonoïdes proche des flavones), qui donnent aux fleurs et aux fruits leurs teintes bleue, rouge ou pourpre. Ces puissants antioxydants nettoient l'organisme des radicaux libres. Ils maintiennent une bonne circulation, notamment dans les régions du cœur, des mains et des pieds et des yeux.

2.3. Huiles essentielles et alcaloïdes

Il s'agit de substances particulièrement aromatiques (donnent odeur agréable), souvent très volatiles facilement, ce qui confère aux végétaux leurs parfums caractéristiques (Ticli, 1977).

Les alcaloïdes sont des substances azotées produites dans les plantes dont l'action sur l'homme et les animaux est extraordinaire. 30 mg / kg de galéguine provoquent chez les rats diabétiques une action hypoglycémiant (Petricic et Kolodzera, 1982).

2.4. Saponines, glycosides et polysaccharides

Principaux constituants de nombreuses plantes médicinales, les saponines existent sous deux formes, les stéroïdes et les triterpénoïdes. Les saponines ont un effet sur l'activité hypoglycémiant (Harborne et Baxter, 1993 ; Chung et Joo, 1992).

Les glycosides Présent dans de nombreuses plantes médicinales se trouvent sous deux ou plusieurs formes, 50 mg / kg diminuent la glycémie chez les rats d'expérimentation (Abdel- Hassan et al., 2000).

Les polysaccharides sont des unités complexes de molécules de sucre liées ensemble que l'on trouve dans toute les plantes.

2.5. Substances amères

Les substances amères forment un groupe très diversifié de composants dont le point commun est l'amertume de leur goût. Cette amertume stimule les sécrétions et augmente l'appétit et améliore la digestion, le corps est mieux nourri et entretenu. Il y a entre autres l'absinthe, la chirette et le houblon (Iserin, 2001).

2.6. Vitamines et minéraux

Les vitamines sont des substances sans valeurs énergétiques, mais ayant une action indispensable au bon fonctionnement de l'organisme. Les vitamines sont apportées par les aliments et se trouvent en quantité suffisante dans un régime équilibré.

De nombreuses plantes médicinales sont très riches en minéraux tirés, souvent du sol et le transforment en une structure aisément assimilable par l'organisme (Iserin, 2001).

3. Recensement des plantes antidiabétiques

Plusieurs enquêtes ethnobotaniques ont été menées à travers le monde pour recenser les plantes antidiabétiques utilisées dans les différentes pharmacopées traditionnelles. Le tableau 1 en regroupe quelques-unes.

Tableau 1 : Quelques études ethnobotaniques sur les plantes antidiabétiques dans le monde.

Pays (région)	Nombre d'espèces	Références
Algérie (Tlemcen)	80	(Benmehdi, 2000)
Maroc	41	(Ziyyat et al., 1997)
Maroc	94 (38 familles)	(Bnouham et al., 2002)
Maroc (Fez- Boulemane)	54	(Jouad et al., 2001)
Israël, Golan et Palestine	26	(Said et al., 2002)
Afrique du Sud (Eestem Cap Province)	14 (6 familles)	(Erasto et al., 2005)
Canada (Québec)	18 (9 familles)	(Leduc et al., 2006)
Mexique	269	(Hernandez-Galicial et al., 2002)
Inde	48	(Satyavati et al., 1989)
Inde	800	(Grover et al., 2002)
Inde (Sikkim et Darjeeling Himalayan)	37 (28 familles)	(Chherti et al., 2005)
Chine	20	(Dharmananda, 2003)
Le monde entier	389	(Padavala et al., 2006)

Plus de 1200 plantes ont été inventoriées comme antidiabétiques, mais seulement quelques-unes ont été évaluées scientifiquement (Li et al., 2004).

En effet, des travaux expérimentaux ont été réalisés afin de vérifier l'activité antidiabétiques de certaines de ces plantes, ainsi que les composés actifs responsables de cette activité (Grover et al., 2002 ; Mukherjee et al., 2006 ; Eddouks et al., 2007).

4. La plante médicinale sélectionnée : *Laurus nobilis*

4.1. Classification botanique

Le tableau 2 synthétise la classification botanique de la plante du Laurier.

Tableau 2 : Classification botanique de *Laurus nobilis*. (Quézel et santa, 1962).

Règne	Plantes
Sous règne	Plantes vasculaire
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Laurales
Famille	Lauracées
Genre	<i>Laurus</i>
Espèce	<i>Laurus nobilis</i> L

4.2. Noms de laurier

En français: laurier sauce, laurier d'apollon, laurier commun, laurier franc, laurier noble.

En anglais: laurel oil, bay tree, bay, bay laurel, true laurel, roman laurel, noble laurel.

En arabe: rand, habbr'ar

Nom targui ou berbère: taselt, rend.

4.3. Origine et distribution

Originnaire du bassin méditerranéen, *Laurus nobilis* pousse dans les lieux humides et ombragés, mais également dans les jardins, où elle est cultivée comme condiment (**Iserin, 2001**). Actuellement, la plante est largement cultivée dans beaucoup de pays comme plante ornementale et pour la production commerciale tels que la Turquie, l'Algérie, la France, la Grèce, le Maroc, l'Amérique centrale et les Etats-Unis Méridionaux.

4.4. Description botanique

Laurus nobilis, arbuste ou arbre aromatique de 2 à 10m de haut à tige droite grise dans sa partie basse et verte en haut. Ses feuilles sont alternés, coriaces, légèrement ondulées sur les bords, longues de 16 cm sur 8 cm de large, persistantes d'un vert foncé et glacé sur leur face supérieure et plus pale en dessous. Les fleurs sont dioïques (petites fleurs mâles et femelles sur des pieds séparés), jaunes, groupées par 4 à 5 en petites ombelles. Le fruit est une petite baie ovoïde de 2 cm de longueur sur 1 cm de largeur, noir vernissé à maturité (figure 1).



Figure 1 : La plante de laurier (*Laurus nobilis*).

4.5. Composition chimique

De nombreuses études ont été réalisées pour la détermination de la composition chimique des feuilles de *L. nobilis* et plusieurs ont prouvé la richesse de ses feuilles en substances actives.

Par hydro-distillation les feuilles fournissent environ 10-30 ml/kg (1-3%) d'huile essentielle dont les constituants majoritaires inclut : cinéol, α et β pinène, sabinène, linalol, eugénol, terpinéol, plus d'autres esters et terpenoïdes, mais dont les proportions varient selon l'origine géographique (**Kadda, 2015**).

Les feuilles de *L. nobilis* contiennent aussi des flavonoïdes polaires (dérivées glycosylées de quercétine, kaempferol et de catéchine) et apolaires (quatre dérivés acylés de kaempferol), sesquiterpènes lactones, alcaloïdes d'isoquinoline. En plus ces études ont montré la richesse de ses feuilles en vitamine E (**Kadda, 2015**).

4.6. Utilisation des feuilles de *Laurus nobilis*

Cette plante actuellement génère un réel intérêt quant à son utilisation comme plante médicinale. Les feuilles de *Laurus nobilis* sont parmi les assaisonnements les plus connus dans tous les pays, elles sont généralement utilisées comme épice valable en culinaire (en potages, ragoûts, sauce,...) et aromatisant en industrie alimentaire. Elle a aussi des applications importantes en médecine traditionnelle.

Le laurier est principalement utilisé, par voie orale, dans le traitement symptomatique des troubles de l'appareil digestif supérieur tels que le ballonnement épigastrique, lenteur de la digestion (**Iserin, 2001**). L'extrait aqueux est utilisé dans la médecine traditionnelle turque en tant qu'anti hémorroïdal, antirhumatismal, diurétique et comme un antidote dans des morsures de serpent et pour le traitement du mal d'estomac (**Kivçak et Mert, 2002**).

Chapitre II :

Le diabète

1. Définition

Le diabète est un groupe de maladies métaboliques, d'étiologies diverses, caractérisé par une hyperglycémie chronique, accompagnée par une perturbation des métabolismes glucidique, lipidique et protéique, résultant d'un défaut de sécrétion et/ ou d'action de l'insuline. Cette hyperglycémie chronique est associée, à des degrés divers, à des complications à long terme, touchant en particulier les yeux, les reins, les nerfs, le cœur et les vaisseaux sanguins. **(Rodier M et ADA. 2008).**

2. Types et classification

Il existe essentiellement 03 types de diabète : diabète types I, diabète types II et diabète gestationnel. Autres types de diabètes peuvent également exister.

2.1. Diabète type I

Le diabète type I résulte d'une destruction auto-immune des cellules β du pancréas qui secrètent l'insuline **(Efrat, 2008)**. Les patients atteints de ce type de diabète produisent très peu ou presque pas d'insuline, ils ont besoin d'injection d'insuline à tous les jours pour pouvoir réguler leur glycémie. Cette maladie peut toucher les personnes de tout âge et surtout les enfants et les jeunes adultes **(IDF, 2013)**.

2.2. Diabète type II

Le diabète de type II associé à l'obésité est caractérisé par l'augmentation de la concentration de glucose dans le sang, suite à une dysfonction des cellules β - pancréatiques, une élévation de la production de glucose par le foie (gluconéogenèse et glycogénolyse) et une diminution de la capture de glucose par les tissus périphériques **(Wellen K E., Hotamisligil GS)**.

Dans les conditions physiologiques normales, les patients qui développent une résistance à l'insuline suite à l'obésité peuvent augmenter la sécrétion d'insuline et maintenir l'homéostasie de glucose pour une longue période, évitant le développement du diabète **(Marchetti P, Del Prato S, Lupi R, Del Guerra S)**.

Au contraire, chez les patients qui subissent une dysfonction des cellules β -pancréatiques, la sécrétion d'insuline devient progressivement trop basse pour répondre à la demande des tissus périphériques **(Prentki M, Nolan C J)**.

Par conséquent, la glycémie s'élève, passant de l'état normal à l'intolérance au glucose et éventuellement à la manifestation du diabète (**Chang-Chen K J, Mullur R, Bernal-Mizrachi E**).

2.3. Autres types de diabète

Les autres types particuliers comprennent une grande variété de trouble relativement peu courants, surtout forme de diabète définis génétiquement ou associées à d'autres maladies ou des médicaments (Goldenberg, 2013). Comme le diabète mono génique (diabète de type adulte chez les jeunes MODY), le diabète dû à des maladies du pancréas à sécrétion externe et le diabète dû à des médicaments (le traitement du HIV transplantation des organes) (**American diabète association,2015**).

Chapitre III :

Généralités sur les fromages

1. Définition

Le fromage est une forme de conservation des deux principaux constituants insolubles du lait, caséine et matière grasse et une partie plus ou moins importante des sels minéraux et éléments soluble, sa composition chimique est toujours la même, seuls les proportions entre les divers constituants et leurs états de dégradation enzymatique qui varient.

De point de vue technologique, le fromage résulte de la coagulation du lait suivie de l'égouttage du coagulum, constitué essentiellement d'un gel caséine qui retient la matière grasse, et selon le degré d'égouttage, une partie plus au moins importante de la phase aqueuse du lait (le lactosérum).

1.2. Classification

1.2.1. Fromage frais ou à pâte fraîche

Ce sont des fromages à égouttage obtenu par centrifugation ou filtration. Ils subissent essentiellement une fermentation lactique (GUIRAUD,1998).

1.2.2. Fromage à pâte molle

Ce sont des fromages obtenus par action de la présure. Ils subissent un affinage après la fermentation lactique, mais dont la pâte n'est ni cuite ni pressée (GUIRAUD, 1998).

1.2.3. Fromages à pâte pressée

Ce sont des fromages obtenus par action de présure. Ils sont obtenus par égouttage avec découpage du caillé, brassage et pression. Plusieurs types peuvent être distingués : fromages à pâte ferme non cuite, fromages à pâte pressée non cuite et à croûte lavée...

1.3.4. Fromage fondu

Les fromages dits fondus sont obtenus par la fonte de fromages ou d'un mélange de fromage. D'autres types de produits laitiers peuvent être également ajoutés à ce mélange, ainsi que des aromates ou épices, sous certaines conditions.

Ses principaux avantages sont :

- C'est un produit stabilisé par traitement thermique, ce qui lui confère d'excellentes qualités de conservation et permet sa commercialisation même sous des climats chauds;
- C'est un produit présentant une excellente valeur nutritionnelle du fait de l'origine laitière des matières premières utilisées.

- C'est un produit à larges possibilités de présentation d'usage et d'aromatisation, le produit peut être consommé à tout moment de la journée à froid comme à chaud, pour le grignotage le tartinage ou la cuisine (ANDRE et GILLIS, 1997).

1.3. Types du fromage fondu

1.3.1. Fromage fondu en bloc

L'extrait sec total est relativement élevé en regard rapport MG/ES. Ils a une consistance ferme et une bonne élasticité. Le coulage s'effectue sous forme de blocs de poids différents.

1.3.2. Fromage fondu en portion

La condition en portion concerne aussi bien le fromage fondu à couper que le fromage à tartiner. La différence entre les fromages à couper et à tartiner réside dans le rapport MG/ES. L'extrait sec du fromage à tartiner est généralement de 43% tandis que celui du fromage à couper est de 48%.

1.3.3. Saucisses de fromage fondu

Les saucisses sont fumées dans un fumoir à commande automatique, soit à froid pendant plusieurs heures, soit plus rapidement à chaud.

1.3.4. Fromage fondue boîtes métalliques

Aujourd'hui, le fromage fondu en boîtes est considéré comme une conserve véritable. Il est soumis à une stérilisation intégrale alors qu'il se trouve encore à l'état liquide, puis conditionné d'une manière aseptique à la température de pasteurisation.

1.3.5. Fromage en barquettes en pots verre

Ce type du fromage contenant un pourcentage de MG assez élevé. Il est d'une consistance crémée. Il est généralement à base de Cheddar.

1.3.6. Fromage fondu en tube

Le fromage en tube comporte 2% d'extrait sec en moins, ce qui explique sa consistance.

1.3.7. Le fromage fondu décoré

La matière première est constituée essentiellement de gruyère, d'emmental et de comté. C'est-à-dire des fromages possédant un léger goût de noisette lorsqu'ils sont très affinés. La matière grasse de ces fromages est 60%.

1.3.8. Fromage fondu en tranche

Ce type de fromage a une consistance permettant de la couper et puisse être refondu.

1.4. Composition du fromage fondu

La composition moyenne des éléments constitutifs (dans 100g de partie comestible) est résumée dans le tableau 1.

Tableaux 1 : Composition moyenne (dans 100 g de partie comestible) des éléments constitutifs du fromage fondu.

Eléments constitutifs du fromage fondu	Composition moyenne
Matières sèches	43 - 47 g
Protéines	11 - 24 g
Lipides	18 - 27 g
Glucides	0 - 7 g
Acide lactique	2 - 3 g
Acide citrique	0 - 975 g
Calcium	300 mg
Potassium	100 - 200 mg
Sodium	500 - 1200 mg
Magnésium	30 - 50 mg
Phosphate	620 mg
Chlore	800 - 2000 mg
Fer	1 mg
Cuivre	0,46 mg
Vitamine D	1,25 - 5 µg
Vitamine A	150 - 420 µg
Valeur énergétique	292 K cal

2. Le fromage fondu pasteurisé

Le fromage fondu pasteurisé est un type de fromage obtenu après traitement thermique soumis à une température de 90°C pendant 3 à 5 minutes, afin de détruire tous les germes banales.

2.2. Composant du fromage fondu pasteurisé

Parmi les matières premières utilisées on note :

2.2.1. Cheddar

Le cheddar est un fromage à pâte fermée ou dure et sa couleur naturelle varie du blanc à la jaune pâle. La teneur en humidité ne peut pas dépasser 39% et la teneur en graisses ne peut pas être à 31%.

2.2.2. Poudre de lait

Elle est obtenue par un processus d'évaporation et de séchage par atomisation du lait liquide. La poudre de lait ne doit pas contenir moins 95% de solide du lait et son taux d'humidité ne dépasse pas les 5%. La teneur en matière grasse ne doit pas être moins de 26%.

2.2.3. Eau de procès

L'eau est l'un des paramètres physico-chimique jouant un rôle déterminant dans la fabrication de tous les produits alimentaire. Cette eau doit être exempté de microorganismes et de toutes contamination chimique, tels que le nitrate.

2.2.4. Sels de fonte

✓ Définition

Selon **ECK (1997)**, les sels de fonte utilisés dans la fabrication du fromage fondu sont essentiellement les sels de sodium, de l'acide phosphorique et de l'acide citrique. Ces sels assurent la stabilisation des protéines et la séquestration du calcium. Ils ont aussi un effet bactériostatique. Ils ont un pouvoir tampon (ajustement du pH) (**GAUCHERON, 2004**).

3. Processus de fabrication du fromage fondu pasteurisé

Les étapes de fabrication du fromage fondu pasteurisé sont représentées dans la Figure 1.

3.1. Nettoyage

Le nettoyage et le décroustage doivent être faits consciencieusement. Durant le stockage on assiste souvent à l'apparition de moisissures, qui sont à enlever.

3.2. Découpage et broyage du fromage

Les fromages de fonte doivent subir un broyage. Cette technique s'effectue à l'aide de machines spéciales « broyeurs ».Le fromage sort du broyeur sous forme d'un long spaghettis.

3.3. Pesage et mélange des ingrédients

Une fois le broyage terminé, les différents lots de fromage sont pesés et mis dans le pré-mélangeur avec les autres ingrédients poudreux. L'eau et les autres liquides mesurés seront versés dans le pré-mélangeur. Les sels de fonte sont pesés, soit à l'état sec, soit sous forme de solution.

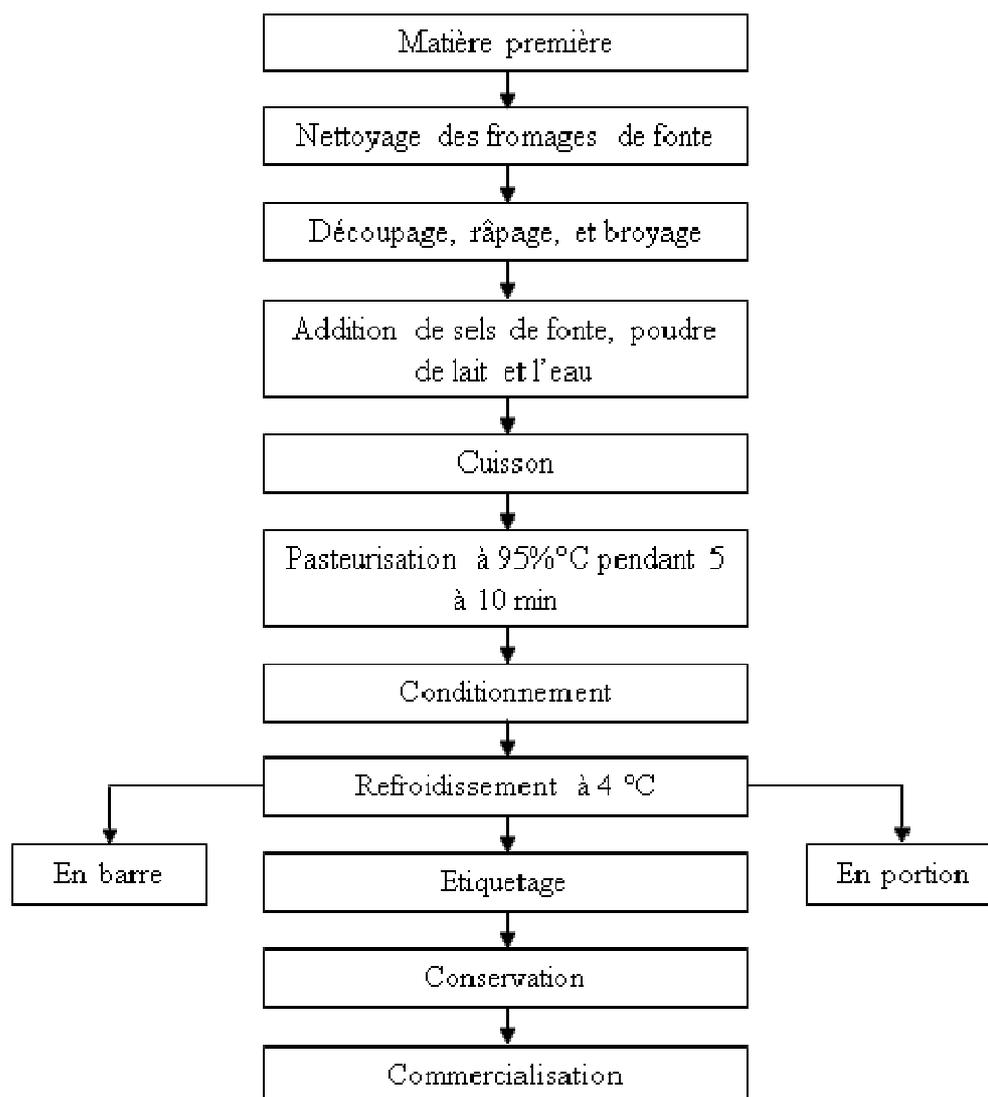


Figure 1 : schéma générale de la chaîne de fabrication du fromage fondu pasteurisé.

3.4. Cuisson et traitement thermique

Selon LUQUET (1985), le traitement thermique se fait pendant la cuisson dans des cuiseurs, avec un brassage simultané. Ces pétrins traditionnels à double parois assurent un chauffage par injection indirecte sous vide réalisant une pasteurisation du fromage entre 85°C-95°C pendant 5 à 10 minutes.

Conditionnement

Pour éviter une recontamination lors du conditionnement, le transfert du fromage se fait de plus en plus par des tuyauteries en acier inoxydable alimentant des « couleuses ». Celles-ci emballent à très grande vitesse (de 60 à plusieurs centaines de portions à la minute). Le fromage fondu chaud liquide dans des feuilles d'aluminium laqué ou des contenants en matériau plastique thermoscellable. Le fromage fondu peut être aussi emballé en tubes, en

boîtes de conserve, ou des boyaux en plastique lui donnant l'aspect de saucisses. Lorsqu'il s'agit de tranches, on peut soit utiliser une « couleuse » injectant le fromage fondu coulé en bloc, refroidi puis découper, ou de fromage fondu refroidi sur des surfaces métalliques tournantes réfrigérées. Le fromage fondu constitue alors de longs rubans. Ces derniers sont ensuite découpés et emballés automatiquement.

3.5. Refroidissement

Le produit est refroidi à la température comprise entre 15-20 °C et il doit être uniforme et relativement rapide pour obtenir une consistance régulière en quittant rapidement la zone de température (30-37°C) favorable au développement des bactéries indésirables.

4. Paramètres de contrôles

La laiterie fromagerie de BOUDOUAOU procède quotidiennement à des vérifications qui doivent être effectuées à chaque étapes de fabrication (matières premières, produits fini) dans le but de : 1) Garantir une bonne qualité hygiénique et marchande du produit fabriqué ; 2) Minimiser les pertes à de mauvaises conditions de fabrication et donc avoir le moins possible de produits non conformes ; 3) Assurer un produit dépourvu de microorganismes de provoquer des altérations et des intoxications ; 4) Garantir un bon rendement ; 5) Donner une bonne image de l'unité.

4.1. Contrôle physico-chimique

Ce contrôle a pour but d'analyser les matières premières et le produit fini, en déterminant différents paramètres physicochimiques tels que le pH, l'EST, les MG, et l'humidité).

4.2. Contrôle organoleptique du produit fini

Ces caractères dépendent du jugement de certaines qualités en rapport avec le consommateur, on peut mentionner : L'apparence (forme, couleur) relevant de la vision ; La saveur (arôme, goût) relevant de l'odeur et de goût ; La texture (résistance, consistance à la mastication) relevant de toucher.

4.3. Contrôle microbiologique

Ce contrôle a pour but d'analyser les matières premières et le produit fini, en déterminant différents paramètres microbiologiques tels que la Recherche et dénombrements des germes (Les coliformes totaux, coliformes fécaux, Les staphylococcus aureus, Les Salmonelles).

*Partie
expérimentale*

Matériel et méthodes

1. Introduction

Pour rappel, notre expérimental porte sur la préparation et la caractérisation d'une formulation d'un fromage fondu à base d'une plante médicinale à potentiel antidiabétique. Il s'agit en effet d'une formulation qui consiste à incorporer la poudre du laurier dans le fromage. Notons que la préparation et les analyses du fromage ont été faites au sien du laboratoire de la Laiterie et Fromagerie de Boudouaou. Un certain nombre d'analyses complémentaires ont été effectuées aux laboratoires pédagogiques d'analyses physicochimiques de la Faculté des Sciences de l'Ingénieur, université de Boumerdes.

L'opération de l'incorporation, rappelons-nous, vise à avoir un fromage enrichi avec des substances bioactives dotées des propriétés anti-glycémiques et qui sont inhérentes à la poudre ajoutée ; le produit finis ainsi obtenu sera donc destiné particulièrement aux diabétiques.

Dans le présent chapitre seront présentés les méthodes de préparation et de caractérisation des matières premières, le mode de la préparation de la formulation et les méthodes se rapportant aux différentes analyses du produit finis.

2. Présentation des matières premières

2.1. Feuilles de laurier

Les feuilles de Laurier (Figure1) utilisées dans la présente étude ont été récoltées, en Février/Mars 2019, dans la région de Beni Amrane, (Boumerdes). Les feuilles de laurier, rappelons-nous, sont issues des lauriers qui appartiennent à la famille des lauracées et à l'espèce *Laurus*. Une fois récoltées, les feuilles ont été conditionnées dans des sacs en plastiques et transportées au laboratoire afin de subir les différentes préparations.



Avant séchage

Après séchage

Figure 1 : Quelques feuilles de laurier utilisées dans la présente étude.

2.1.1. Choix de l'utilisation des feuilles de laurier

Le choix de cette plante médicinale est basé sur son utilisation en médecine traditionnelle en Algérie comme remède contre le diabète vu ses effets exercés auprès l'hyperglycémie, notamment chez les diabétiques type II. Ce dernier, rappelons-nous, désigne l'incapacité du corps à utiliser l'insuline correctement et qui a pour rôle la réduction du taux de sucre dans le sang. Son utilisation en Algérie se trouve chez un grand nombre de gens (Eddouks *et al.*, 2002).

2.1.2. Préparation de la poudre des feuilles de laurier (PFL)

Les feuilles récoltées ont été nettoyées, lavées avec de l'eau de robinet ensuite avec l'eau distillée, puis séchées à l'ombre à une température ambiante, afin de préserver le maximum d'intégrité des molécules ciblées par notre étude en minimisant les divers mécanismes de fermentation et de dégradation inhérents au caractère organique de cette matière première. Une fois l'opération de séchage est terminée, les feuilles, ont été broyées et conservées dans des flacons en verre en vue de procéder aux différents tests (Figure 2).

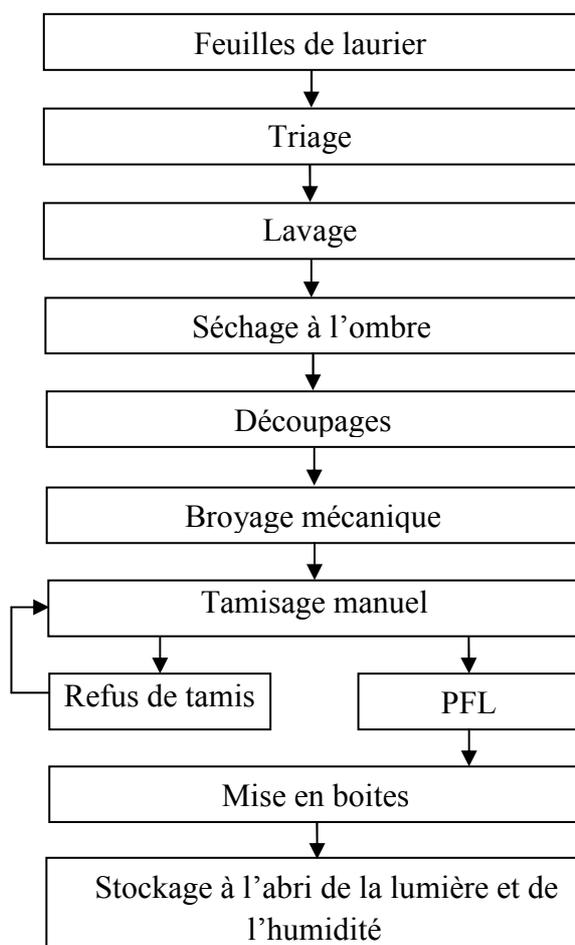


Figure 2 : Principales étapes de la préparation de la poudre de laurier.

Pour préparer la poudre, les feuilles de laurier sont passées par un ensemble de traitements : triage, nettoyage manuel, découpage suivi d'un séchage, broyage et tamisage. La poudre (PFL) ainsi obtenue est conditionnée dans une boîte en verre et conservée à l'abri de la lumière et l'humidité :

- **Triage** : Dans une première opération, les feuilles du laurier ont subi un triage manuel consistant à éliminer les feuilles inappropriées.
- **Lavage des feuilles** : Après leur triage, les feuilles sont nettoyées manuellement par un lavage à l'eau ordinaire dont le but est d'éliminer toutes les impuretés et les particules de poussières susceptibles d'être collées aux feuilles.
- **Découpages** : Afin d'accélérer leur séchage en augmentant la surface de contact produit/air de séchage, les feuilles maintenues ont été réduites en petits morceaux (3 × 3 mm environ) par découpage manuel au moyen d'un ciseau.
- **Séchage à l'ombre** : Les feuilles en morceaux sont par la suite séchées à l'air ambiant (à l'ombre) durant 10 jours. Ainsi, leur taux d'humidité initiale soit réduit jusqu'à environ 3% du poids humide.
- **Broyage mécanique** : Les feuilles séchées sont subit un broyage à l'aide d'un broyeur à café jusqu'à avoir un produit fin permettant d'obtenir, par tamisage, une poudre fine.
- **Tamisage manuel** : Dans un but d'enlever les grosses particules et une poudre fine, un tamisage manuellement a été fait au moyen d'un tamis dont le diamètre moyen des mailles est d'environ 200µm.
- **Conditionnement** : La poudre des feuilles de laurier obtenue est conditionnés dans des boîtes en verre hermétiquement fermées et entreposées à froid (4°C env.) jusqu'aux analyses ultérieures.

2.2. Autres matières premières

2.2.1. Poudre du lait

C'est une poudre de lait entier, à 26% de MG, importée de la Nouvelle Zélande. Elle est livrée à l'unité dans des sacs en papier de 25 Kg de poids net.

2.2.2. Fromage cheddar

Le cheddar est une pâte de fromage destinée à la fonte. Le pays producteur est l'Irlande et la Nouvelle Zélande, il est importé sous forme de blocs conditionnés dans un emballage en plastique d'un poids net de 20 Kg. Le cheddar est placé dans une chambre froide à +4°C.

2.2.3. Les sels de fonte

Les sels de fonte sont des ingrédients de base, qui rentrent dans la fabrication du fromage fondu. Dans la réglementation française et dans les normes FAO/OMS(1976), les sels de fontes sont autorisés et utilisés en faible quantité par rapport au fromage à raison de 3% du poids de la matière première mise en œuvre.

3. Caractérisation de la poudre des feuilles de laurier

Afin d'être incorporée dans la masse du fromage, la PFL est analysée sur le plan :

- physique en déterminant la granulométrie, les masses volumiques réelle et apparente, la mouillabilité, l'indice d'écoulement (angle de repos) ;
- physicochimique en déterminant les paramètres suivants : teneur en eau, taux de cendres, pH, acidité, taux de polyphénols totaux et taux en flavonoïdes.

3.1. Caractérisation physique de la poudre

Les méthodes concernant la détermination des propriétés physiques se réfèrent aux protocoles proposés par (Schuck *et al.*, 2012).

3.1.1. Granulométrie de la poudre

La granulométrie de la poudre a été déterminée par la technique du LASER. La granulométrie LASER permet de mesurer la distribution de la taille des particules ainsi que la surface spécifique des particules du diamètre dominant. Le faisceau laser traverse la cellule d'analyse qui contient l'échantillon. L'analyse et la comparaison de distribution granulométriques des parties s'effectuent généralement sur un nombre de grandeurs, telle que : $D(0,1)$: taille des particules pour laquelle 10% en volume de l'échantillon se trouve en-dessous de cette valeur. $D(0,5)$: taille des particules pour laquelle 50% en volume de l'échantillon se trouve en-dessous de cette valeur. Il s'agit de diamètre médian. $D(0,9)$: taille des particules pour laquelle 90% en volume de l'échantillon se trouve en-dessous de cette valeur. Span (polydispersité) = $D(V ; 0,9) - D(V ; 0,1) - D(V ; 0,5)$: mesure l'étalement de la distribution granulométrique en volume (Lgerguaziz, 2007).

La distribution granulométrique des poudres est réalisée à l'aide d'une granulométrie LASER de marque MASTERSIZER.

3.1.2. Masses volumiques et porosité

La masse volumique apparente (ρ_a) d'un produit est la masse du volume (m^3) de celui-ci

considéré en l'état, en l'absence de tassement et sans considération du volume occupé par l'air. Elle s'exprime par conséquent en kg.m^{-3} .

La masse volumique tassée ou réelle (ρ_r) d'une poudre est la valeur de la masse volumique obtenue après tassement, exprimée en kg.m^{-3} .

- **Principe**

Quelle que soit la masse volumique à mesurer, le principe de l'analyse consiste à mesurer la masse de poudre dans un volume donné sous différentes conditions, sans tassement pour ρ_a , avec tassement préalablement définis pour ρ_r .

- **Mode opératoire**

Masse volumique apparente (ρ_a) et la masse volumique tassée (ρ_r).

- Avec une balance analytique, peser un cylindre gradué dont on connaît le volume (V_1) et le remplir à ras bord avec la poudre,
- Relever à l'aide de la balance la masse en g de la poudre (m) avant tassement, indiquant la masse spécifique apparente.
- Racler la poudre jusqu'à ce qu'elle soit à niveau avec le bord supérieure du cylindre, puis peser.
- A l'aide d'un objet approprié, effectuer un tassement (suffisant) sur la même masse (m),
- Relever le volume (V_2) correspondant à l'après-tassement.

Les masses volumiques sont exprimées comme suite :

- ✓ **Masse volumique apparente (ρ_a)**

$$\rho_a = \frac{m}{V_1} \times 1000 \quad (1)$$

Où ρ_a : est la masse volumique apparente (kg.m^{-3}) ; m : est la masse (g) de la poudre ; V_1 : est le volume (cm^3) du cylindre utilisé.

- ✓ **Masse volumique tassée (ρ_r)**

$$\rho_r = \frac{m}{V_2} \times 1000 \quad (2)$$

Où ρ_r : est la masse volumique tassée (kg.m^{-3}) ; V_2 : est le volume (cm^3) du cylindre utilisé.

- ✓ **Porosité**

La porosité (P) est déduite à partir de la relation suivante

$$P = [(\rho_r - \rho_a) / \rho_a] 100 \quad (3)$$

3.1.3. Détermination de l'aptitude à la réhydratation : Indice de mouillabilité

L'indice de mouillabilité est exprimé par le temps, en seconde, nécessaire à une quantité de poudre donnée pour pénétrer dans l'eau à travers sa surface libre au repos.

- **Principe**

L'indice de mouillabilité est mesuré à partir des résultats obtenus lors de la réhydratation de la poudre sans agitation.

- **Mode opératoire**

- Verser 10 ml d'eau distillée à 20°C dans le bécher et placer l'entonnoir de façon qu'il appuie sur le bord supérieur du bécher.
- Placer le pilon à l'intérieur de l'entonnoir de façon qu'il bloque son ouverture et placer autour du pilon la quantité de poudre pesée (2g),
- Soulever le pilon et mettre en marche le chronomètre et arrêter le chronomètre quand toute la poudre a été mouillée,

L'indice de mouillabilité (IM) est exprimé comme la durée (en s) nécessaire pour que toute la poudre soit complètement mouillée.

3.1.4. Détermination de l'indice d'écoulement (angle de repos)

Le produit s'écoule par un entonnoir et tombe sur une Platform d'une hauteur déterminée où il s'accumule en un tas de forme conique. L'angle de talus (ou angle de repos, α) est l'angle compris entre l'horizontale et le sommet du tas (Figure3).

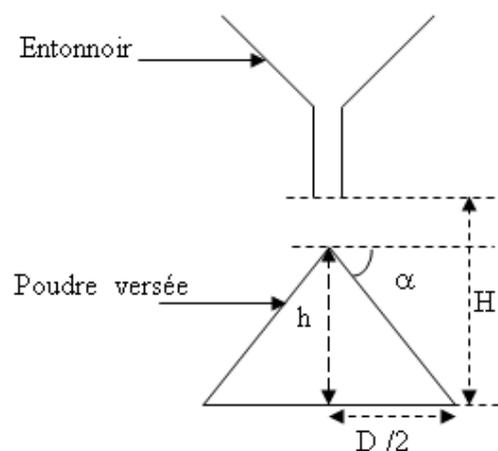


Figure 3 : Principe de la détermination de l'angle de repos.

H : hauteur de l'entonnoir par rapport au Platform ; D : diamètre de l'icone

L'angle de repos (α) est déterminé à partir de la tangente selon la formule suivante :

$$\text{Tg } \alpha = 2h/D \quad (4)$$

3.2. Caractérisation physicochimique de la poudre

3.2.1. Détermination des teneurs en eau et en matières sèches (AFNOR, 1982)

- **Principe**

La teneur en eau a été déterminée par dessiccation d'un échantillon de 2g dans une étuve isotherme à une température de $105^\circ \pm 5^\circ\text{C}$ et à pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'une masse constante de l'échantillon. La teneur en eau est égale à la perte de masse subie dans les conditions de mesure.

- **Mode opératoire**

- Sécher des capsules vides à l'étuve durant 15 mn à $105^\circ \pm 5^\circ\text{C}$;
- Laisser refroidir dans un dessiccateur ;
- Peser dans chaque capsule préalablement tarée 2g d'échantillon et les placer dans l'étuve réglée à $105 \pm 5^\circ\text{C}$ pendant 3 heures ;
- Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur ;
- Peser les capsules après refroidissement. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 mn).

- **Expression des résultats**

La teneur en eau (g/100 g M_h) de la poudre est calculée selon la relation suivante :

$$H(\%) = [1 - (M_2 - M_1)/P] \times 100 \quad (5)$$

Où : H% : Teneur en eau (g/100 g M_h) ; M_1 : Masse initiale en g : matière fraîche + capsule avant dessiccation ; M_2 : Masse finale en g : matière sèche + capsule après dessiccation ; P : Masse de la prise d'essai en g.

La teneur en matière sèche est calculée selon la relation suivante :

$$M_s(\%) = 100 - H(\%) \quad (6)$$

3.2.2. Déterminer du pH (AFNOR 36-16, 1999)

- **Principe**

La mesure du pH est basée sur la différence du potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence.

- **Mode opératoire**

Après avoir fait l'étalonnage du pH-mètre avec la solution d'hydrogencarbonate de potassium (6,5 à 7), on a procédé à la détermination du pH de chaque échantillon, en plongeant l'électrode (propre) dans la solution de l'échantillon à analyser et en le maintenant jusqu'à la stabilisation de pH.

Pour chaque échantillon broyé, une masse de $1 \pm 0,001\text{g}$ est placée dans un bécher de 20 ml d'eau distillée chaude récemment bouillie et refroidie. Le mélange est agité jusqu'à obtention d'un liquide homogène. Le pH est mesuré par immersion directe de l'électrode du pH-mètre dans celui-ci et la lecture est faite directement sur le pH-mètre à une température de 20°C.

3.2.3. Détermination de l'acidité titrable (AFNOR.1982)

- **Principe**

Cette méthode est basée sur le titrage de l'acidité d'une solution aqueuse avec solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphthaléine comme indicateur.

- **Mode opératoire**

L'acidité titrable est déterminée par la méthode NF V 05-101(1974) décrite par AFNOR 1982 et relative au produit d'origine végétale.

Pour chaque échantillon broyé, une masse de 1g est placée dans une fiole conique contenant 20ml d'eau distillée chaude récemment bouillie et refroidie. Le mélange a été agité jusqu'à l'obtention du liquide homogène. La fiole conique est adaptée à un réfrigérant à reflux afin de chauffer à (70°C env.). Le contenu est mis au bain-marie pendant 1h avec agitation (de temps en temps).

Après refroidissement, le contenu est transvasé quantitativement dans une autre fiole jaugée de 25 ml et complété jusqu'au trait avec l'eau distillée récemment bouillie et refroidie. Après mélange le contenu est filtré. 10 ml de filtrat sont versés dans un bécher et titrés avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH 0,1N) en présence de 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine, jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30s

Exprimée en gramme d'équivalents de NaOH par 100g de matière sèche, l'acidité titrable (A), est déterminée selon la formule suivante :

$$A = (25 \times V_1 \times 100) / (M \times 10 \times V_0) \quad (7)$$

: M : masse en gramme d'échantillon prélevé ; V_0 : volume (10ml) en millilitres de la prise d'essai ; V_1 : volume versé, en millilitre de la solution d'hydroxyde de sodium à 0,1N utilisé.

3.2.4. Détermination de la teneur en cendres (AFNOR NF 04-201,1980)

- **Principe**

La méthode est basée sur la calcination de la poudre à 600°C dans un four à moufle jusqu'à obtention de cendres blanchâtres de poids constant.

- **Mode opératoire**

La teneur en cendres est déterminée selon la méthode AOAC (2000).

Une masse de 1g de l'échantillon est placée dans une capsule en porcelaine et introduite dans un four réglé à 600°C ±15°C durant 4 heures jusqu'à l'obtention d'une couleur gris-claire ou blanchâtre.

Les capsules sont ensuite refroidies dans un dessiccateur puis pesées.

La teneur en cendres (Cn) est déterminée selon la formule suivante :

$$Cn (\%) = [(M_2 - M_1) / P] \times 100 \quad (8)$$

Où : M_1 : masse de la capsule vide (en g) ; M_2 : masse de l'ensemble « capsule+cendres » (en g) ;

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

Le taux de matières organiques (M_o , g/100 g M_h) est déduit à partir de la relation suivante :

$$M_o (\%) = 100 - Cn (\%) \quad (9)$$

3.2.5. Extraction et dosage des polyphénols

- ✓ **Extraction des polyphénols**

La Figure 4 montrée procédé d'extraction des composés phénoliques.

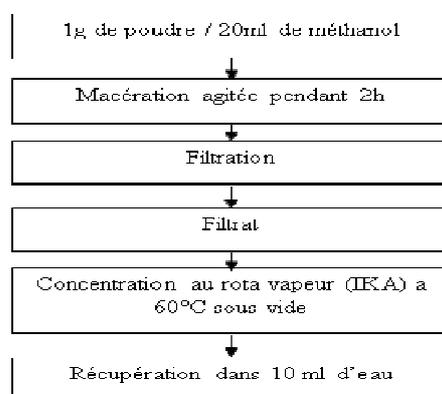


Figure 4 : Principales étapes d'extraction des polyphénols.

✓ Détermination de la teneur en polyphénols totaux

• Principe

En présence du phénol, le mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et phosphomolibdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$) est réduit en oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (MO_8O_{23}), que l'on détermine par colorimétrie.

• Mode opératoire

Le dosage des polyphénols totaux est réalisé par la méthode décrite dans la littérature (*Kamazawa et al., 2002 ; Singleton et al., 1999*).

• Préparation de la gamme d'étalonnage

- Peser 2,5mg d'acide gallique ;
- Les dissoudre dans 25 ml de l'eau, soit une solution (S_1) avec une concentration de 0,1mg /ml.
- Diluer la solution mère comme suit :
- Prélever 1ml de la solution mère puis ajouter 1 ml d'eau distillée et l'en obtient la dilution S/2 ;
- Prélever 1ml de la solution S/2 puis ajouté 1 ml d'eau distillée, c'est la dilution S/4 ;
- Refaire la même procédure pour les autres dilutions.

Le tableau 1 montre la gamme de dilution de l'acide gallique.

Tableau 1 : Préparation de la dilution de l'acide gallique

Dilution	S	S/2	S/4	S/8	S/16	S/32	S/64
AG, mg/ml	0,1	0,05	0,025	0,013	0,001	0,003	0,002

• Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

- Prélever 1 ml de chaque dilution dans des tubes à essais.
- Ajouter 1 ml du réactif de Folin-ciocalteu dilué à 1/10.
- Après 3 mm, ajouter 1 ml de carbonate de sodium à 10%
- Incuber pendant une heure à température ambiante et à l'abri de la lumière.

Le blanc est représenté par 1 ml d'eau distillée additionné de 1 ml de Folin-ciocateu et 1 ml de carbonate de sodium à 10%. La lecture des absorbances est faite à 760 nm, après agitation et repos une heure. La concentration en composés phénoliques totaux est déterminée

en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard d'étalonnage.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100 g (mg EAG/100g) de poudre des matières premières.

3.2.6. Extraction et dosage des flavonoïdes totaux

✓ Extraction des flavonoïdes

L'extraction des flavonoïdes est faite selon le protocole décrit précédemment en paragraphe [3.2.5] en utilisant le méthanol comme solvant.

✓ Dosage des flavonoïdes

La quantification de contenu flavonoïdique a été estimée par la méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) donnée dans la littérature (**Ardestani et Yazdanparast, 2007**).

• Principe

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre qui est susceptible de donner avec le groupement CO, un complexe coloré avec le chlorure d'aluminium. Les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (féret aluminium).

• Mode opératoire

Un volume de 1 ml d'extrait méthanolique est mélangé à 1 ml de trichlorure d'aluminium (2%). Après homogénéisation, le tout est incubé à la température ambiante durant 1 h. La lecture de l'absorbance est faite à 430 nm contre un blanc qui ne contient pas de l'échantillon. La concentration des flavonoïdes est calculée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue (de la même façon que celle citée en paragraphe [3.2.5], Tableau 1) en utilisant la quercétine ($C = 0,1$ mg/ml) comme standard.

4. Méthode de préparation du fromage

Rappelons que la formulation du fromage fondu préparée dans cette étude a été effectuée avec l'incorporation, en différentes proportions, de la poudre des feuilles du laurier séchées.

La méthode d'élaboration du fromage a été faite au sein du Laboratoire physicochimique de l'unité de Laiterie-Fromagerie de Boudouaou (LFB) suivant la recette et

le mode de préparation proposée par cette unité avec quelques modifications menues selon les impératifs exigés par les objectifs de l'étude.

4.1. Ingrédients utilisés

Les différents ingrédients de la recette utilisée dans l'élaboration du fromage sont regroupés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Ingrédients pour 1Kgde fromage fondu.

Ingrédients	Lait MG 26 ^(a)	Cheddar	Sels de fonte : E331, E339, E450 ^(b)	Eau
Quantité	180g	430g	14,3g	430 ml

^(a) Poudre de lait à 26% de matières grasses ; ^(b) E331 : les citrates de sodium, E339 : les ortho-phosphates de sodium, E450 : les poly-phosphates de sodium.

4.2. Mode de préparation

La préparation du fromage fondu est effectuée selon le diagramme de fabrication montré en Figure 5 proposé, rappelons-nous par l'unité LFB.

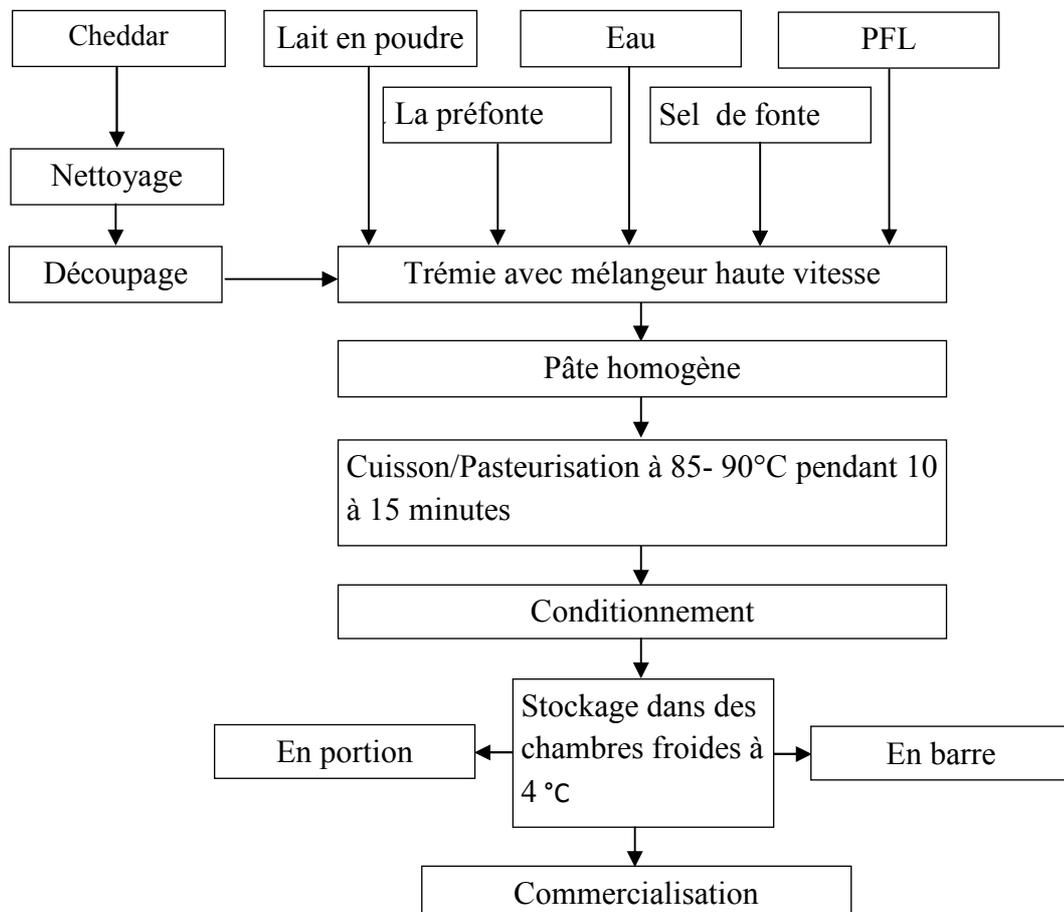


Figure 5 : Diagramme de fabrication du fromage fondu pasteurisé au niveau de l'unité LFB.

4.3. Proportions de la poudre incorporées

Afin de vérifier l'effet des proportions de la poudre sur les propriétés sensorielles et physicochimiques, un témoin (sans poudre) a été préparé dans les mêmes conditions d'élaboration. Le Tableau 3 présente les différentes proportions de la poudre ajoutée.

Tableau 3 : Proportions de poudre incorporées dans la masse de fromage.

Echantillon	FL-0	FL-0,5	FL-1	FL-1,5	FL-2	FL-3	FL-4
Proportion (% : g/100 g de mélange)	0	0,5	1	1,5	2	3	4
PFL(g)	0	0,5	1	1,5	2	3	4
Fromage(g)	100	99,5	99	98,5	98	97	96
Mélange : fromage+PFL(g)	100	100	100	100	100	100	100

5. Analyses des produits finis

5.1. Analyses sensorielles

L'analyse sensorielle est menée dans un but de vérifier l'acceptabilité du fromage préparé par le consommateur et évaluer l'effet de l'incorporation sur ses propriétés organoleptiques par un test hédonique. Ce dernier est un moyen qui permet de mesurer le degré d'appréciation de deux critères organoleptiques des produits ; il s'agit du goût et de la couleur.

Dans ce test, on s'est servi d'une échelle de 9 niveaux allant de 1 à 9. Chaque niveau correspond à une catégorie bien définie comme la montre le Tableau 4. Pour cela, les échantillons préparés sont présentés au panel de dégustation constitué de 20 sujets amateurs dont l'âge est compris entre 24 et 55 ans. Il s'agit des étudiants et des enseignants de la faculté des sciences de l'ingénieur (université de Boumerdes) ainsi que des employés de l'unité de production.

Tableau 4 : Echelle de l'évaluation organoleptique des différentes formulations.

Catégorie	Note
Extrêmement désagréable	1
Très désagréable	2
Désagréable	3
Assez désagréable	4
Ni désagréable Ni agréable	5
Assez agréable	6
Agréable	7
Très agréable	8
Extrêmement agréable	9

Les échantillons sont présentés dans des contenants identiques, codés avec codes de trois chiffres. Tous les échantillons sont présentés simultanément à chaque dégustateur. A la figure 6 est présenté le bulletin d'évaluation du degré d'appréciation par les dégustateurs.

<u>FICHE DU TESTE HEDONIQUE</u>			
NOM :		AGE :	
Veillez évaluer chaque échantillon en donnant une note de 1 à 9			
<u>Goût</u>			
325	231	332	113
<u>Couleur</u>			
025	231	332	113
<u>Texteur</u>			
325	231	332	113

Figure 6 : Fiche du teste hédonique

✓ Analyse de la variance

Une ANOVA a été réalisée pour déterminer la signification des différences entre les résultats de l'analyse hédonique des différentes préparations testées. L'analyse de la variance a été procédée par le logiciel XL-STAT (2009). Le test de Tukey est sélectionné dans la comparaison par paire avec un seuil de confiance de 95% (ou p de 0,5).

5.2. Analyses physicochimiques

Dans le but d'évaluer l'impact des matières ajoutées sur le produit fini et caractériser ce dernier, différents paramètres physicochimiques ont été analysés : le pH, l'extrait sec total (EST), la teneur en matières grasses (MG), la teneur en eau (l'humidité), la teneur en matières grasses.

5.2.1. Détermination de pH (AFNOR 36-16,1999)

La mesure du pH a été effectuée suivant le même protocole décrit en paragraphe [3.2.2] en utilisant une masse de 5 g de produit.

5.2.2. Détermination de la teneur en matières grasses (MG)

- **Principe**

Après la dissolution des protéines de fromage par addition d'acide sulfurique, séparation de la matière grasse par centrifugation dans le butyromètre, la séparation étant favorisée par l'addition d'une petite quantité de l'alcool amylique.

- **Mode opératoire**

Peser 3g de l'échantillon dans un godet ensuite introduite dans l'ouverture d'un butyromètre ; puis additionner l'acide sulfurique de manière à couvrir la masse de fromage, dans le but de dissocier les protéines, mettre le butyromètre dans un bain-marie à 60°C jusqu'à dissolution totale de l'échantillon et on agite à chaque 20 minutes.

Quand l'échantillon est totalement dissout, on retire le butyromètre de l'eau et on l'agite énergiquement, on lui rajoute 1ml de l'alcool iso amylique et l'acide sulfurique jusqu'à 35 du butyromètre, on le ferme et on le met dans la centrifugeuse 1200 tors/minute pendant 3 minutes.

La matière grasse exprimée en g/100g de matière sèche de fromage est obtenue par la lecture directe sur l'échelle de butyromètre.

La teneur en matières grasses (MG) est calculée par l'équation suivante:

$$MG = MG\% / MS\% \times 100 \quad (10)$$

5.2.3. Extrait sec total et teneur en eau (NA 683-1992)

Dans un dessiccateur à balance ; on pèse 2 g de fromage à la température 85°C dans un papier aluminium pendant un certain temps jusqu'à évaporation complète d'eau. Le résultat apparait sur l'écran du dessiccateur.

La teneur en eau du fromage se calcule comme suite :

$$H = 100 - EST \quad (9)$$

Où : H : Humidité ; EST : Extrait sec total (Matière sèche totale).

5.3. Analyses bactériologiques

L'objectif des analyses microbiologiques est de rechercher ou de quantifier un certain nombre de micro-organismes, indicateurs d'un ou de plusieurs problèmes rencontrés lors du procédé de fabrication ou susceptibles de présenter un risque pour

la santé humaine lors de la mise sur le marché.

✓ **Echantillonnage**

L'échantillonnage consiste à :

- Introduire et diluer aseptiquement 25 g de l'échantillon du fromage choisi, qui constitue l'unité d'analyse dans un sachet stérile, contenant au préalable 225 ml de dilution TSE (Tryptone sel - bouillon), qui va permettre de revitaliser les microorganismes présents.
- Sceller ensuite ce sachet pour qu'il puisse être utilisé dans le Stomacher. Cet appareil, par une action mécanique, va assurer le broyage et l'homogénéisation, afin d'obtenir une solution mère à la dilution 10^{-1} par rapport au produit de départ.

✓ **Recherche et dénombrements des germes**

5.3.1. Les coliformes totaux

Les coliformes totaux se définissent comme des bactéries aérobies ou anaérobies facultatives, à Gram négatif, sporulées, en forme de bâtonnet. Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau).

• **Principe**

Numération des colonies caractéristiques des coliformes totaux qui se sont développées de 24h à 48h à 37°C dans le produit carné, sur gélose désoxycholate puis confirmation du nombre de colonies par fermentation du lactose. Il s'agit d'un dénombrement de coliformes totaux.

• **Mode opératoire**

- L'opération s'effectue à proximité d'une flamme.
- Porter aseptiquement 1ml de la dilution 10^{-1} , à mettre dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage, et recouvrir par la suite avec 15 à 20 ml de la gélose désoxycholate préalablement liquéfié et refroidit à $45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- Faire ensuite des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout ;

- Laisser solidifier le mélange sur une paille.
- La boîte est incubée, couvercle en bas, pendant 24h à 48h à 37°C pour la recherche des coliformes totaux.
- La recherche des coliformes totaux se fait donc par la méthode d'ensemencement par inondation.
- **Sélection et numérotation des colonies**
 - Les coliformes totaux apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge cerise et de 0,5 mm de diamètre, ou plus et parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile.
 - Les résultats sont exprimés en nombre de coliformes / ml du produit.

5.3.2. Dénombrement des coliformes fécaux

Les coliformes fécaux se définissent comme des bactéries anaérobies facultatives, à Gram négatif, sporulées, en forme de bâtonnet, capable de se développer à 44 °C en moins de 24 h ce qui les distingue des coliformes totaux, ces bactéries apparaissent toujours en grandes quantités dans les déjections animales et humaines et ne se trouve qu'exceptionnellement dans les sols et les eaux qui n'ont pas été l'objet d'une pollution fécale. Ils sont généralement en nombre inférieur aux coliformes totaux et indiquent qu'il y a contamination récente ou constante.

- **Principe**

Numération des colonies caractéristiques des coliformes fécaux qui se sont développées en 24 h à 44°C dans le produit carné, sur gélose désoxycholate puis confirmation du nombre de colonies par fermentation du lactose. Il s'agit d'un dénombrement de coliformes fécaux.

- **Mode opératoire**

Voir le paragraphe [5.3.1].

La boîte est incubée pendant 24h à 48h à 44°C pour la recherche des coliformes fécaux.

- **Sélection et numérotation des colonies**

Voir le paragraphe [5.3.1].

Les résultats sont exprimés en nombre de coliformes / ml du produit.

5.3.3. Les staphylococcus aureus

Le microorganisme *Staphylococcus aureus* est une bactérie de la famille des Micrococcaceae de forme sphérique (coque), de 0,5 μm à 1,5 μm de diamètre. Ces coques à Gram positif se présentent généralement en grappes, par paires ou en cellules individuelles compte tenu de l'âge de la culture. C'est une bactérie non mobile, asporulée et aérobie facultatif possédant une catalase. Qui fait partie de la flore humaine et est surtout présent dans le nez et sur la peau.

Staphylococcus aureus est une bactérie à l'origine de nombreuses infections ou intoxications alimentaires.

- **Principe**

Avec la dilution initiale 10^{-1} , on ensemence en surface de gélose Baird Parker précoulée en boîte de pétri à l'avance. Après une incubation de 48 h à 37 °C, les colonies caractéristiques et / ou non caractéristiques apparues sont dénombrées dans le produit.

- **Mode opératoire**

- Sécher la boîte à gélose dans une étuve à $46\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ jusqu'à disparition complète des gouttelettes à la surface du milieu (couvercle enlevé et surface de la gélose tournée vers le bas)
 - Homogénéiser la dilution décimale 10^{-1} avant inoculation à la surface de la boîte gélosée.
 - Déposer 0,1 ml, de la suspension mère réalisée préalablement (dilution décimale 10^{-1}), à la surface de la gélose Baird Parker
 - Etaler par la suite, soigneusement la dilution, et le plus rapidement possible sans toucher les bords de la boîte à l'aide d'une pipette stérile (pipette râteau)
 - Laisser la boîte, couvercle fermé, pendant 15 minutes à température ambiante
 - Incuber à l'étuve pendant 48 h à 37 °C.
 - La recherche des *Staphylococcus aureus* se fait donc par la méthode d'ensemencement en surface où son principe est de couler déjà le milieu qu'on laisse refroidir, puis d'étaler la solution à l'aide d'un étaler stérile, comme il l'a été soigneusement explicité précédemment.

- **Sélection et numérotation des colonies**

Les colonies caractéristiques après 48 h d'incubation sont noires, brillantes et convexes dont le diamètre est au minimum de 1 mm et au maximum de 2,5 mm

entourées d'un halo d'éclaircissement et de précipitation.

Les colonies caractéristiques et/ou non caractéristiques sont dénombrées manuellement.

5.3.4. Les Salmonelles

La recherche des salmonelles et leur identification permet de savoir si le produit est dangereux, à consommer ou non. Les salmonelles attaquent spécifiquement la cavité gastro-intestinale qui va provoquer une diarrhée avec douleur abdominale.

- **Principe**

La présence du sucre, extrait de levure, et de peptone constituent la gélose Hécktoen qui favorise l'isolement des bactéries du genre Salmonella qui sont en fait des entérobactéries pathogènes, ce milieu est rendu sélectif par la présence des sels biliaires qui inhibent le développement des autres bactéries, avant de procéder à l'isolement, il faut réaliser un pré-enrichissement dans un bouillon lactose mannitol tamponné (BLMT) puis un enrichissement sur le bouillon au sélénite acide de sodium et cystéine (SFB)

- **Mode opératoire**

La recherche des salmonelles se fait en trois étapes :

- ✓ ***Pré-enrichissement***

Cette étape consiste à introduire 25 ml de l'échantillon à analyser dans 100ml de milieu BLMT qui va être incubé à 37°C pendant 24 heures.

- ✓ ***Enrichissement***

Elle consiste à prélever 1 ml du milieu de pré-enrichissement et l'ensemencer dans 10 ml de milieu SFB, ensuite incubé le tout à 37°C pendant 24 heures.

- ✓ ***Isolement***

À partir du milieu SFB positif, ensemencer par stries une boîte de pétri contenant la gélose Hécktoen. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

- **Sélection et numérotation des colonies**

- Les colonies Les salmonelles se présentent sous forme de colonies de 2 à 4

mm de diamètre et e couleur bleu verdâtre avec ou sans centre noir.

- Les résultants sont exprimés par la présence ou l'absence de germes.

5.4. Analyses statistiques

Les analyses statistiques des données ont été effectuées par le biais du logiciel Excel 2010. Les résultats sont présentés comme étant la moyenne de trois répétitions. L'analyse de variance (ANOVA) a été effectuée en utilisant le logiciel XL-STAT-2009.

Résultats et discussion

Rappelons que la présente porte essentiellement sur l'enrichissement d'un fromage fondu avec une plante médicinale à potentiel antidiabétique. Il s'agit d'une formulation qui vise à incorporer la poudre du laurier (*laurus nobilis*) dans la masse du fromage. Celle-ci, rappelons-nous, est douée des propriétés anti-glycémiques inhérentes aux différentes substances bioactives. Le fromage ainsi enrichi sera particulièrement destiné aux diabétiques.

Dans la présente partie seront présentés et discutés les différents résultats obtenus et qui sont relatifs aux différentes analyses physiques et physicochimiques et bactériologiques et sensorielles effectuées.

1. caractérisation de la poudre des feuilles de laurier (*laurus nobilis*)

1.1. Caractérisation physique de la poudre

1.1.1. La Granulométrie de la poudre

En Figure 1 est montrée la variation de la taille des particules de la poudre en fonction du pourcentage de son volume.

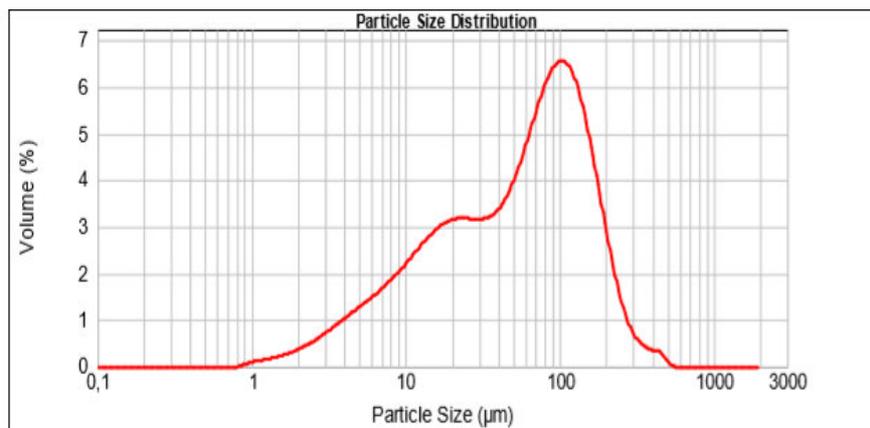


Figure 1 : Résultats d'analyse de la granulométrie de la poudre de laurier (*laurus nobilis*)

Ce que l'on peut tirer de cette courbe est que :

- 1)- la valeur moyenne de la taille des particules contenues dans 10% du volume de l'échantillon est inférieure à 7,655 µm,
- 2)- la taille des particules de 50% du même volume est au-dessous de 58,266 µm,
- 3)- 90% de ce volume a une taille moyenne inférieure à 166,54 µm.

Le Tableau 1 illustre quelques paramètres granulométrique de la poudre de laurier.

Tableau 1 : Granulométrie des particules de la poudre de laurier (*laurus nobilis*).

% de volume	Taille des particules (μm)	Uniformité (%)	Surface spécifique (m^2/g)
10%	7,655	0,908	0,317
50%	58,266		
90%	166,854		

D'autre part, la forme quasi-gaussienne de la courbe de l'évaluation de taille des particules montre que la distribution de taille des particules de la poudre est normale et que celles-ci constituent une masse homogène. Ceci est confirmé par un coefficient d'uniformité très élevé (0,908), proche de l'unité.

La poudre analysée dans notre étude présente une surface spécifique de $0,317 \text{ m}^2/\text{g}$.

✓ Autres propriétés physiques de la poudre

Les résultats qui concernent le reste des propriétés physiques de la poudre sont regroupés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Quelques propriétés physiques de la poudre de laurier (*laurus nobilis*).

Paramètres		Valeur moyenne
Masse volumique apparente (kg/m^3)		0,282
Masse volumique tassée (kg/m^3)		0,353
Porosité (%)		25,18
Indice de mouillabilité (secondes)		21s
Indice d'écoulement	Tangente	1,05
	Angle de repos ($^\circ$)	46,39

1.1.2. Masse volumique et porosité

D'après le Tableau 2, la poudre analysée dans notre étude se caractérise par une densité apparente de $0,282 \text{ kg}/\text{m}^3$ et densité réelle de $0,353 \text{ kg}/\text{m}^3$. Ce qui entraîne, par conséquent un

taux de porosité de 25,18%. Cela explique que le pourcentage du vide entre-particule, par rapport à la masse apparente est d'environ 28,2 %.

L'importance de la densité et la porosité apparaît lors de la production ou la transformation de la poudre, notamment au niveau de la phase de conditionnement, stockage et aération (séchage) des poudres. Une masse dont la porosité est élevée influe directement sur la vitesse d'aération et peut avoir un volume de vide (air) susceptible d'être gênant lors du conditionnement ou lors du stockage.

La densité et la porosité d'une poudre peuvent être affectées par plusieurs facteurs, principalement par la taille et la forme des particules.

1.1.3. Détermination de l'aptitude à la réhydratation : Indice de mouillabilité

L'indice de mouillabilité est le temps, en seconds, nécessaire pour atteindre le mouillage complet c'est-à-dire il n'y a plus de particules visibles sur la surface libre du liquide.

La poudre analysée dans la présente étude présente un indice de mouillabilité de 21 secondes. Valeur permet de qualifier notre poudre comme «très mouillable» : selon la littérature (**Schuck *et al.*, 2012**), différentes catégories sont distinguées suivant l'indice de mouillabilité (IM):

Si $IM < 30$ s : Poudre est très mouillable ; $IM < 60$ s : Poudre est mouillable ; $IM < 120$ s : mouillabilité possible ; $IM > 120$ s : Poudre non mouillable.

Rappelons que cette classification correspond à la poudre du lait prise comme référence dans la présente étude.

1.1.4. Indice d'écoulement (angle de repos)

Exprimé en angle, la poudre analysée montre un indice d'écoulement de 46° environ. Valeur située dans la gamme (40-59°) caractéristique à la poudre du lait (**Schuck *et al.*, 2012**), Ce qui permet de conclure que notre poudre a une tendance fluide : l'indice d'écoulement indique directement la fluidité potentielle d'un produit : plus l'angle d'un produit sec est faible, plus le produit est fluide et plus l'indice de fluidité est élevé (et réciproquement).

D'autre part, la forme des particules, leur distribution granulométrique, la porosité et la capacité de cohésion, etc. influent sur l'angle de repos.

1.2. Caractérisation physicochimique de (PFL)

1.2.1. Teneurs en eau et matière sèches

Les taux d'humidité et de masse sèche des feuilles fraîches sont présentés par la Figure 2.

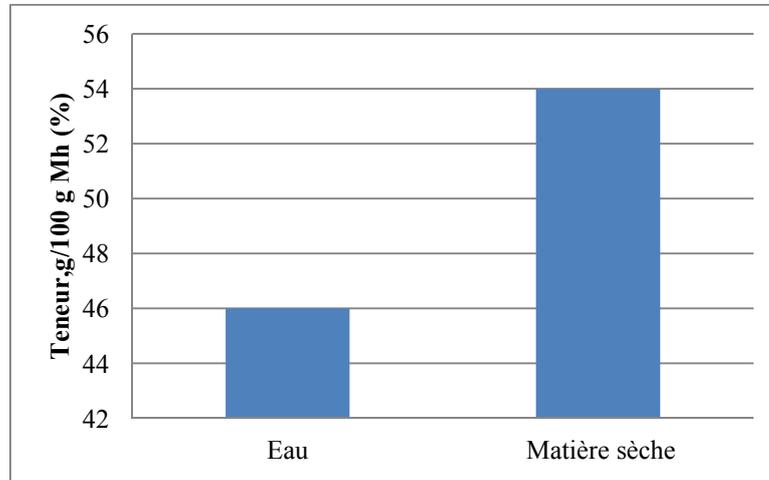


Figure 2 : Teneurs en eau et en matières sèches des PFL.

D'après la Figure 2 les feuilles fraîches de laurier ont une teneur en eau voisinant les 46 g/100 g ainsi qu'un taux de masse sèche de 54 g/100 g environ. Valeurs semblent supérieures à celle communiquées dans la littérature (**Kadda, 2015**).

Notons que les plantes fraîches montrent un taux d'humidité souvent élevé pouvant arriver jusqu'à 80% (**Paris et Moyse, 1965**), ce qui nécessite une réduction à un seuil, par une technique appropriée telle que le séchage, assurant ainsi leur stabilité lors de la conservation.

Pour assurer une bonne conservation, la teneur en eau doit être inférieure ou égale à 10 % (**Paris et Moyse, 1965**).

D'autre part, la masse sèche des végétaux est la portion qui renferme différentes substances responsables des propriétés nutritionnelles et thérapeutiques inhérentes à ceux-ci telles que les protéines matières grasses minéraux et métabolites secondaires comme les composés phénoliques. Ce qui qualifie que la masse sèche comme paramètre capital dans le processus d'enrichissement.

1.2.2. Acidités potentielle et titrable

Les résultats de l'acidité de la poudre de laurier sont illustrés par la Figure 3

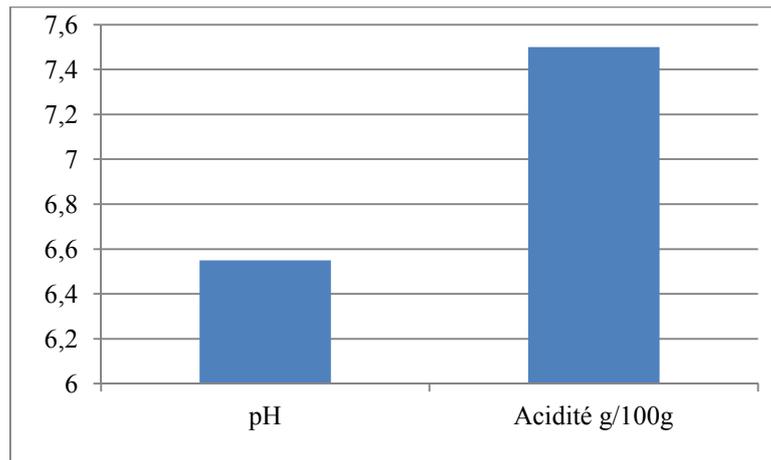


Figure 3 : Acidités titrable et potentielles de la poudre de laurier (*Laurus nobilis*).

Exprimée en pH qui proche du neutre (6,55), la poudre du laurier se caractérise par une acidité potentielle faible.

On rappelle que l'acidité potentielle est le paramètre indiquant la présence des éléments chimiques à caractère acide.

Selon la littérature (**Kadda, 2015**), ces acides se trouvent diversifiés en quantité et qualité dans la poudre de laurier.

En ce qui concerne l'acidité titrable, ce paramètre a révélé que les matières analysées constituent une source non négligeable d'acides organiques, en présentant un taux d'acide dépassant le 7%.

Il faut noter que de nombreux facteurs peuvent influencer la composition en acides organique des végétaux, on cite entre autres : la variété, les conditions de croissance, la maturité, l'origine géographique, la fertilisation, le type de sol, les conditions de stockage, le taux d'exposition au soleil et la période de récolte.

1.2.3. Teneurs en cendres

La Figure 4 montre la teneur en cendres et celle en matières organiques contenues dans la poudre utilisée dans la présente étude.

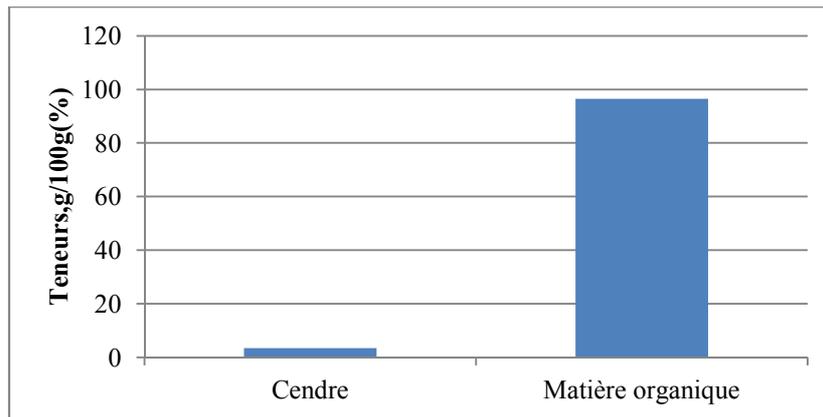


Figure 4 : Teneurs en cendres et en matières organiques de la PFL.

Il est connu que le taux de cendres est la quantité totale en sels minéraux présents dans un échantillon et qui reste après incinération à température élevée. Selon la figure 4 la teneur moyenne qui caractérise la poudre de laurier analysée et de l'ordre de 3% du poids humide.

Les cendres constituant cette plante est composé d'une multitude d'éléments minéraux tels que le Cu, Mg, Ca, Zn, et le Fe (Vdaud, 1997).

1.2.4. Quantification des composés phénoliques et flavonoïdes

Les résultats de la quantification des composés phénoliques sont montrés dans la Figure 5

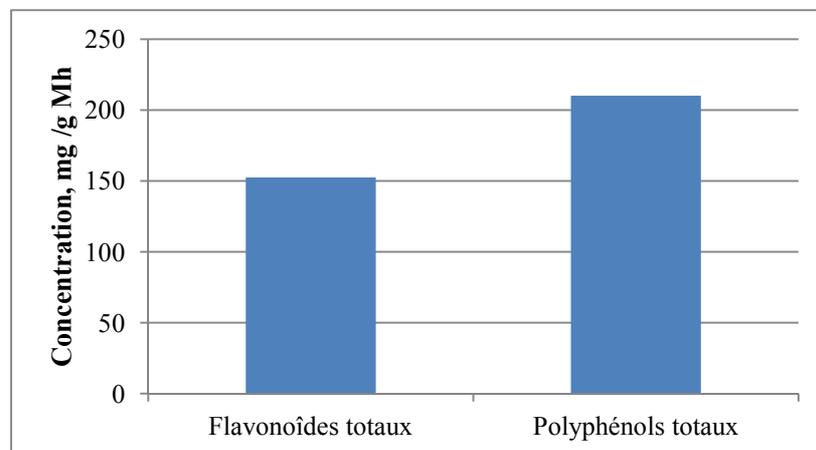


Figure 5 : Composés phénoliques des feuilles du laurier

Comme la montre la Figure 5, la poudre analysée comprend une quantité de polyphénols de 210 mg/g dont 73% sont des flavonoïdes. Ces valeurs indiquent que les feuilles de laurier utilisé est une source impressionnante de ces substances vitales.

Soulignons que les polyphénols sont des substances qui font partie des métabolites secondaires des végétaux et qui appartiennent à la même famille dont la structure de bases est le phénol. Ils sont composés de différentes classes : flavonoïdes, anthocyanes, tannins, esters

et acides phénoliques....D'après la littérature, ces substances bioactives sont dotés d'une multitude de propriétés biologiques tels que l'activité antioxydant, l'activité antimicrobienne, l'activité antidiabétique....

La majorité de ces composés ayant un effet contre l'hyperglycémie appartient à la catégorie des flavonoïdes. On cite entre autres l'Acide gallique et Naringénine.

2. Caractérisation des produits préparés

2.1. Caractérisation sensorielles

Les résultats de l'appréciation du goût et la couleur des fromages préparés sont regroupés dans les Tableaux 11 et 12.

Tableau 3 : Evaluation sensorielle du goût des fromages préparés.

Panel	FL-0 ^(*)	FL-0,5	FL-1	FL-1, 5	FL-2	FL-2, 5	FL-3
1	9	8	8	8	6	5	4
2	9	7	7	6	6	6	5
3	8	8	9	8	6	7	6
4	9	9	9	8	6	6	5
5	9	9	7	7	6	5	4
6	8	8	7	7	4	2	1
7	9	9	9	9	8	7	5
8	8	8	8	8	7	6	5
9	9	9	6	5	2	2	2
10	9	9	8	7	4	4	2
11	9	9	9	7	7	7	5
12	9	9	7	7	7	7	8
13	9	8	8	8	7	5	4
14	9	9	7	6	5	4	3
15	9	9	9	8	7	5	5
16	9	8	8	8	7	7	7
17	9	9	9	9	9	9	9
18	8	9	9	8	5	4	4
19	9	9	8	8	7	7	7
20	9	7	9	8	7	6	5

FL-0^(*): Formulation à 0% de poudre, FL-0,5 : la formulation à 0.5%, FL-1 : formulation à 1%, FL-1,5 : formulation 1,5%, FL-2 formulation à 2%, FL-2,50 : la formulation à 2,5%, FL-3 : formulation à 3%.

Tableau 4 : Appréciation sensorielle de la couleur des produits préparés.

Panel	FL-0 ^(*)	FL-0,5	FL-1	FL-1,5	FL-2	FL-2,5	FL-3
1	9	9	8	8	8	8	8
2	9	7	8	8	8	6	4
3	9	8	7	8	6	6	7
4	9	9	9	8	8	8	8
5	8	8	7	6	5	5	4
6	8	8	7	7	4	2	2
7	9	9	9	7	6	5	4
8	8	8	8	8	8	7	5
9	9	9	7	5	3	2	2
10	9	9	9	5	5	3	2
11	9	9	9	9	9	9	9
12	8	8	9	9	7	7	8
13	9	9	8	8	7	4	3
14	9	8	7	6	5	4	2
15	9	9	8	8	7	6	6
16	9	9	9	9	9	8	8
17	9	9	9	9	9	9	9
18	9	9	8	8	5	4	4
19	8	8	7	8	7	6	6
20	9	8	9	7	7	6	5

^(*)FL-0 : Formulation à 0% de poudre ; FL-0,5 : la formulation à 0.5% ; FL-1 : formulation à 1%, FL-1,5 : formulation 1,5% ; FL-2 formulation à 2% ; FL-3 : formulation à 3%.

2.1.1. Analyses de la variance des résultats des testés sensoriels (ANOVA)

Aussi bien pour le goût que pour la couleur, l'analyse de variance (tableaux 11 et 12) montre que le jury d'évaluation a différemment apprécié les formulations FL-2, FL-2,5 et FL-3 contre le témoin (FL-0), tandis que les formulations FL-0,5, FL-1 et FL-1,5 sont appréciées au même titre que la formulation témoin. Il s'ensuit que l'incorporation de la poudre n'a significativement affecté les paramètres organoleptiques analysés qu'à partir de l'ajout de 2% de poudre. Au-delà de ce seuil, la poudre incorporée n'a aucun impact négatif sur la saveur et l'aspect du fromage enrichi.

Tableau 5 : Anova de l'évaluation du goût des différentes formulations de fromage préparées.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	P>Diff	Significatif
FL-0% vs FL-0,5%	0,239	0,566	2,994	0,998	Non
FL-0% vs FL-1%	0,714	1,690	2,994	0,624	Non
FL-0% vs FL-1,5%	1,239	2,932	2,994	0,059	Non
FL-0% vs FL-2%	2,639	6,243	2,994	< 0,0001	Oui
FL-0% vs FL-2,5%	3,239	7,662	2,994	< 0,0001	Oui
FL-0% vs FL-3%	3,989	9,436	2,994	< 0,0001	Oui

Tableau 6 :Anova de l'évaluation du goût des différentes formulations de fromage préparées

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	P>Diff	Significatif
FL-0% vs FL-0,5%	0,162	0,328	2,994	1,000	Non
FL-0% vs FL-1%	0,612	1,241	2,994	0,877	Non
FL-0% vs FL-1,5%	1,162	2,357	2,994	0,225	Non
FL-0% vs FL-2%	2,062	4,183	2,994	0,001	Oui
FL-0% vs FL-2,5%	2,987	6,060	2,994	< 0,0001	Oui
FL-0% vs FL-3%	3,412	6,923	2,994	< 0,0001	Oui

Sur la base de ces résultats, la formulation dont la proportion en poudre était plus élevée possible a été retenue pour être analysée sur les deux plans physicochimiques et microbiologiques.

D'autre part, et pour mettre en exergue la catégorie d'acceptabilité des produits par le jury, les résultats sont présentés sous forme d'histogrammes et présentés en Figure 6

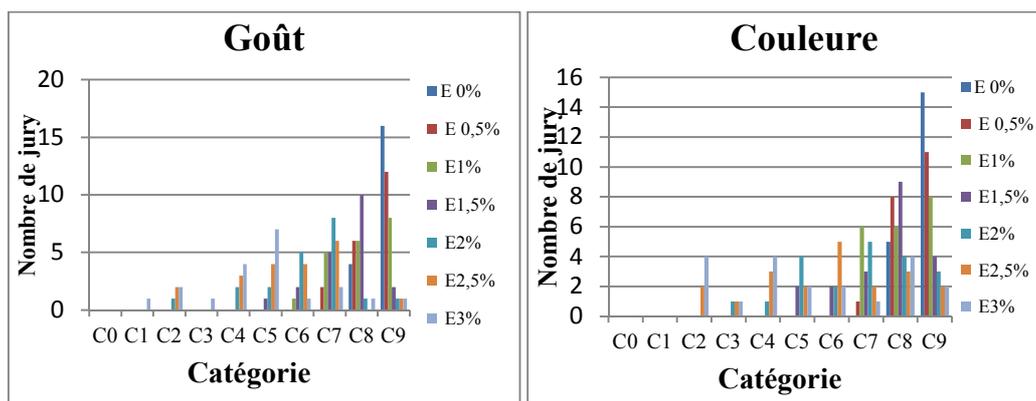


Figure 6 : Résultats de l'appréciation de la couleur et du goût des fromages préparés.

L'analyse de l'histogramme (Figure 6) montre que l'incorporation de la poudre rend que les échantillons soient moins aimés, pour des doses élevées (>1,5%), par rapport au

témoin. Toutefois et de façon générale, les échantillons sont, au moins agréablement appréciés par le jury.

2.2. Analyses physico-chimique des produits préparés

2.2.1. Teneur en eau

La Figure 7 montre la teneur en eau contenue dans les fromages maintenus.

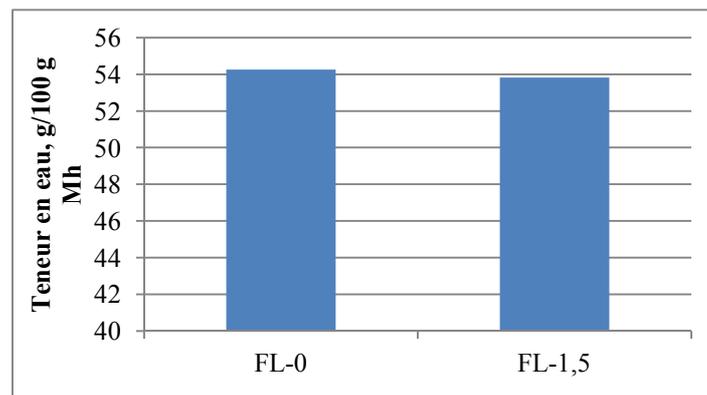


Figure 7 : Teneur en eau des fromages élaborés.

Présentant des valeurs proches, les fromages préparés présentent une teneur en eau avoisinant les 54%, valeur semble concorde avec les normes AFNOR qui exige qu'un fromage normal doit avoir un taux d'humidité compris entre 50 et 56%.

D'autre part, l'incorporation de la poudre a provoqué une très légère diminution dans le taux d'humidité du fromage. Cette diminution est évidemment attribuée à la quantité de matières solides contenues dans la poudre sèche. Celle-ci, rappelons-nous, en comprend une quantité dépassant 97%.

2.2.2. Extrait sec total (EST)

Les résultats qui concernent l'évaluation de la quantité de l'EST sont illustrés par la Figure 8.

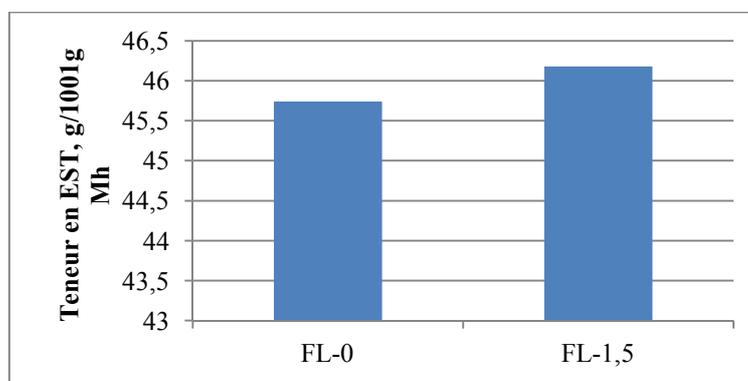


Figure 8 : EST contenu dans le fromage fondu analysé.

Comme l'indique la figure 8, le fromage élaboré contient une teneur en extrait sec total dépassant les 45% du poids humide et qui présente une légère élévation sous l'effet de l'incorporation de la poudre. Cette constatation s'attribue à la faible quantité de poudre ajoutée, contenant, rappelons-nous, une concentration élevée (>97%) en matières solides.

Selon les normes AFNOR (1986), le fromage élaboré dans la présente étude semble avoir une qualité normale, de point de vue EST, car il présente une valeur supérieure à 40%.

Pour rappel, l'extrait sec total des végétaux est la fraction qui renferme les matières solides restantes après élimination de l'eau. Elle renferme les éléments responsables des propriétés fonctionnelles des aliments. L'addition des plantes médicinales au fromage pourrait accroître le taux de sa fraction solide particulièrement en composés phénoliques et pourrait, par conséquent, améliorer ses propriétés antidiabétiques.

2.2.3. Acidité potentielle

Exprimée en potentiel hydrique, l'acidité titrable des fromages maintenus est montrée en Figure 9

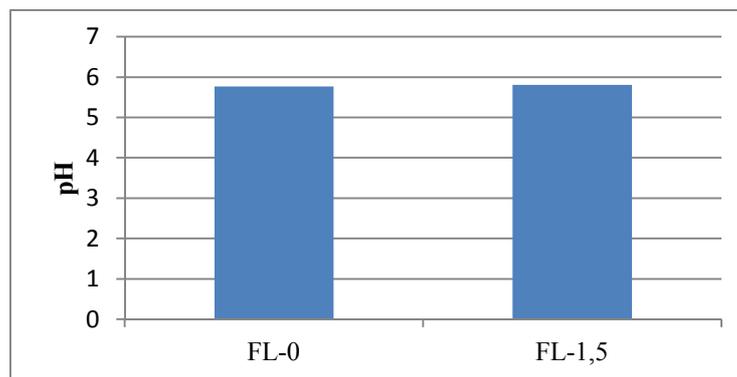


Figure 9 : Acidité potentielle du fromage préparé

La Figure 9 montre nettement la stabilité de l'acidité du fromage après enrichissement. Cela explique que l'ajout de la poudre semble sans effet significatif sur la concentration en ions H^+ .

La stabilité du pH après incorporation de la poudre peut être attribuée à : 1) l'ajustement du pH grâce au pouvoir tampon exercé par les sels de fonte lors de la formulation du fromage fondu. Ce qui permet d'obtenir également un produit à consistance uniforme et sans variation dans le goût recherché. 2) à la quantité modeste (1,5%) de la poudre incorporée dans la masse du fromage.

Il faut noter que le fromage élaboré a un pH conforme aux normes exigées par les normes AFNOR (2017) qui correspondent à une valeur se situant entre 5,65 et 5,85. Selon la littérature (**Karahadian, 1984**), en dehors de cet intervalle, les qualités de texture et de consistance ne peuvent pas être atteintes.

2.2.4. Matières grasses

Sur la Figure 10 sont indiqués les résultats de la quantification des matières grasses contenues dans les fromages retenus.

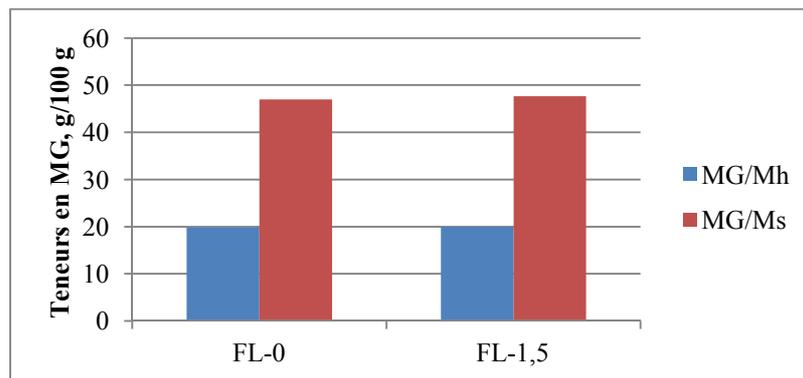


Figure 10 : Matières grasses contenues dans les fromages analysés.

Présentant des valeurs comparables, les fromages analysés se caractérisent par un taux de matières grasses touchant les 47 % et 20% respectivement par rapport au poids sec et au poids humide de produit. De ce fait, notre fromage fondu semble répondre aux exigences réclamées par les normes : selon les normes AFNOR (1986), un fromage fondu doit avoir, au minimum, 40% de matières grasses par 100 g du poids sec et un taux compris entre 21,5 et 23,5 g /100 g du poids humide.

D'autre part, la stabilité des matières grasses après incorporation de la poudre peut revenir à la pauvreté du laurier en ces composés lipidiques.

Il faut souligner que l'importance de l'évaluation du rapport matière grasse/extrait sec total réside dans le fait que celui-ci permet de déterminer la texture du produit fini. Une large gamme de texture peut être défini pour le fromage fondu: fluide à ferme, tartenable à tranchable, onctueux à croquant.

2.3. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont révélé que notre fromage élaboré est de qualité bactériologique acceptable vu :

- L'absence des coliformes totaux ;
- L'absence des coliformes fécaux ;
- Staphylococcus aureus ;
- Salmonelles ;
- L'apparition de germes aérobies (à 30°C) d'un nombre acceptable selon la limite exigée par le journal officiel de la république (02 Juillet 2017).

Tableau 7 : Résultats d'analyses microbiologiques du fromage préparé.

Germes recherchés	Dénombrement	Limites selon le JORA (2017)
Coliformes totaux	Absence	10^2 - 10^3
Coliformes fécaux	Absence	10^2 - 10^3
Staphylococcus aureus	Absence	10^1 - 10^2
Salmonelles	Absence	Abs
Germes aérobies à 30°C	100 germe/g	100 à 200 germes/g

Conclusion générale

Ce travail consiste essentiellement en l'élaboration et l'analyse, sur différents plans, d'un aliment fonctionnel préparé par l'incorporation de la poudre de laurier (*laurus nobilis*), caractérisé par son potentiel antidiabétique, dans la masse d'un fromage fondu.

Les principaux points à conclure à l'issue de cette étude sont les suivants :

- Caractérisée par $0,282(\text{kg/m}^3)$ et par $0,353(\text{kg/m}^3)$, respectivement de densité apparente et celle réelle, les analyses physiques de la poudre de laurier utilisée ont illustré que cette dernière ait une tendance fluide selon l'un indice d'écoulement ($46,39^\circ$) et qu'elle constitue une poudre très mouillable selon son indice de mouillabilité présentant une valeur inférieure à 30 secondes.

- La caractérisation physicochimique a montré que de la poudre de laurier est une source non négligeable d'acides organiques (96,5%) et de minéraux, exprimés sous forme cendres (3,5%).

- La poudre analysée présente une quantité impressionnante de composés phénoliques (210 mg/g), elle est notamment riche en flavonoïdes (78%), principaux composés luttant contre le diabète.

- Le test sensoriel a révélé que, l'ajout de la poudre a significativement influencé la couleur et le goût du produit enrichi qui devient moins appréciable par rapport au fromage témoin pour certaines doses de poudre. Les produits élaborés étant désagréables pour des doses élevées.

- Selon les analyses physico-chimiques des formulations maintenues et à l'exception du taux en ES, les propriétés chimiques de la poudre incorporée n'ont pas d'impact prononcé sur la qualité du fromage préparé. : l'ajout de 1,5% de poudre pourrait être insuffisant pour engendrer des effets significatifs sur la qualité physicochimique du produit fini.

- De point de vue qualité bactériologique, le fromage élaboré est de qualité acceptable selon les normes indiquées par le JORA (2017).

Comme perspectives, il serait intéressant de compléter cette étude, notamment, par :

- Elaboration de la formulation de la présente étude à l'échelle pilote ;
- Approfondir la recherche en élargissant la détermination d'autres paramètres physicochimiques pour mieux caractériser et évaluer l'effet de l'incorporation sur le produit fini ;
- A travers des essais in vivo ou cliniques, vérifier les propriétés antidiabétiques susceptibles d'être associées au produit enrichi en s'assurant notamment de la suffisance (ou non) d'effets liée à la quantité de 1,5% de poudre correspondante à la formulation maintenue d'après l'appréciation de la couleur et du goût par le jury.

*Références
bibliographiques*

Abdel-Hassan I.A., Abdel-Barry J.A., Tariq Mohammeda S.T., 2000. The hypoglycaemic and antihyperglycemic effect of *Citrullus colocynthis* fruit aqueous extract in normal and alloxan diabetic rabbits. *Journal of Ethnopharmacology*, 71: 325-330.

ADA (American Diabetes Association). *Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus*. *Diabetes Care* 2008;31(1): S55-S60.

André AYERBE, Docteur en Nutrition, ancien Directeur d'ARILAIT Recherches, Centre National Interprofessionnel de l'Économie Laitière (CNIEL), Paris.

Ardestani, A. and Yazdanparast, R. 2007. Antioxidant and Free Radical Scavenging Potential of *Achillea santolina* Extracts. *Food Chemistry*, 104, 21-29.

Benmehdi H., (2000). Valorisation de certaines plantes médicinales à activité hypoglycémiantes comme la coloquinte. Mémoire de magistère en chimie organique appliquée. Département de chimie faculté des sciences Université Tlemcen

Bnouham M., Mekhfi H., Tahri A., Legssayer A., Ziyat A., 2002. *Ethnopharmacology forum* Medicinal plants used in the treatment of diabetes in Morocco. *Int J Diabetes & Metabolism*, 10: 33-50.

Capet F, Debaille R, Tafforeau J, Van-Oyen H. Situation Actuelle et Eléments pour le développement d'une Politique de Santé : diabète épidémiologie. *CROSP* 1999;19 (1-12):27-28.

CAROL L., et VIGNOLA, 2002. Science et technologies du lait transformation du lait. Ed, presse internationales polytechnique, Québec, 600 P.

Chang-Chen K J, Mullur R, Bernal-Mizrachi E. Beta-cell failure as a complication of diabetes. *Rev. Endocr. Metab. Disord.* 2008;9(4): 329-343.

Chhetri DR., Parajuli P., Subba GC., 2005. Antidiabetic plants used by Sikkim and Darjeeling Himalayan tribes, India. *Journal of Ethnopharmacology*, 99: 199-202.

Chung J.N., Joo H.K., (1992). Hypoglycaemic action of ginseng saponins on streptozotocin-induced diabetes in rat. *Koryo Insam Hakhoechi*, 16: 190-197.

Cowan, M., (1999). Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology*

Dharmananda S., (2003). Treatment of diabetes with Chinese herbs and acupuncture. *Internet journal of the institute for traditional medicine and preventive health care.*

ECK, 1997. Le fromage : de la science à l'assurance qualité .3^{ème} édition, technique et documentation. Lavoisier. Paris PP692-699.

Eddouks M, Maghrani M, Lemhadri A, Ouahidi M L, Jouad H (2002). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes mellitus, hypertension and cardiac diseases in the south-east region of Morocco (Tafilalet). *J. Ethnopharmacol.*, 82: 97-103.

Eddouks M. 2007. L'utilisation des plantes médicinales dans le traitement du diabète au Maroc. *Phytothérapie* ; 5:194-203.

Efrat, S. (2008). Beta-cell replacement for insulin-dependent diabetes mellitus. *Adv Drug Deliv Rev* 60(2) :114-123.

Erasto P., Adebola P.O., Grierson D.S., Afolayan A.J., 2005. An ethnobotanical study of plants used for the treatment of diabetes in the Eastern Cape Province South Africa. *African J. of Biotech*, 4: 1458-1460.

Ethnopharmacol, 92: 1-21

GAUCHERON 2004. Gaucheron, F., 2004. In Tec & Doc, Minéraux et produits laitiers. Paris, France.

Grover J.K., Yadav S., Vats V., 2002. Medicinal plants of India with anti-diabetic potential. *J Ethnopharmacol*, 81: 81-100.

GUIRAUD.J, 1998. Microbiologique alimentaire. Durand, France, P652.

Hamza N., 2011. Effets préventif et curatif de trois plantes médicinales dans la Wilayas de Constantine pour le traitement du diabète de type 2 expérimental induit par le régime « high fat » chez la souris C57BL/6J. thèse Doctorat en science alimentaire option : Nutrition. Univ. Mentouri Constantine, Institut de Nutrition de l'alimentation et des Technologies agroalimentaires : 32- 61.

Harborne B.J et Baxter H., (1993). Phytochemical dictionary: A handbook of bioactive compounds from plants, London: Taylor & Francis: 791.

Hernandez – Galicial E., Aguilar – Contreras A., Aguilar – Santamaria L., Roman – Ramos R., Chavez – Mirandala A., Garcia – Vegal LM., Flores – Saenzl JL., Alarcon – Aguilar 1FJ., 2002. Studies on hypoglycemic Activity of Mexican Medical Plant. *Proc. West Pharmacol. Soc*, 45: 118-124.

IDF. (2013). IDF diabetes atlas sixth edition .T .N. leonor Guariguata, Jessica Beagley, Ute Linnenkamp, Olivier Jacqmain. (IDF :International Diabetes Federation).

Iserin P. Enceclopedia of Médicinal Plants. 2001 (2nd Edition).

Jean-Claude GILLIS, Ingénieur agronome, ancien Chef du Service scientifique, technique et réglementaire d'ATLA, Paris.

Jouad H., Haloui M., Rhiouani H., et al., 2001. Ethnobotanical survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes, cardiac and renal diseases in the North centre region of Morocco (Fez- Boulemane). *J Ethnopharmacol*, 77: 175-82.

Kadda, 2015. Contribution à la valorisation de deux plantes médicinales de la région de Saida : Marrubium vulgare L (rand), (Mémoire de fin d'étude). Option : matériaux organiques.

Kamazawa, 2002. Kan²azawa I, Murata M, Kimura M. Roles of dopamine and its receptors in generation of choreic movements. *Adv Neurol*. 1993; 60:107–112.

Khalil, M.Y., Moustafa, A.A., et Naguib, N.Y., (2007). Growth, phenolic compounds and antioxidant activity of some medicinal plants grown under organic farming conditions. *World Journal Of Agricultural Sciences*. 3(4):451-457.

Kivçak, B and Mert, T 2002). Preliminary evaluation of cytotoxic properties of *Laurusnobilis* leaf extracts. *Fitoterapia.*, 73:242-243.

Lamba S.S., Buch K.Y., Lewis H., Lamba H.J., 2000. Phytochemicals as potential hypoglycemic agents. *Studies in Natural Products Chemistry*, 21: 457-496.

Leduc C., Coonishish J., Haddad P., Currier A., 2006. Plants used by Cree Nation of Eeyou Istchee (Quebec, Canada) for treatment of diabetes: A novel approach in quantitative ethnobotany. *J. Ehtnopharmacol*, 105: 55-63.

Lguegaziz,N., 2007. Essai d'élaboration d'un alicament sous de comprimés de datte entière et ou de-sucrées additionnées d'extrait aqueux des feuilles d'olivier algérien mémoire de magistère spécialité génie alimentaire, université de Boumerdes.

Li W.L., Zheng H.C., Bukuru J., De Kimpe N., 2004. Natural medicines used in the traditional Chinese medical system for therapy of diabetes mellitus. J.

LUQUET 1985 .Lait et produit laitier : vache, brebis, chèvre. Ed. Tec Doc, Lavoisier, Paris, T₂, 632 P.

Marchetti P, Del Prato S, Lupi R, Del Guerra S. The pancreatic beta-cell in human Type 2 diabetes. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2006;16(Supp 1):S3-6.

Mukherjee P.K., Maiti K., Mukherjee k., Houghton P.J., 2006. Leads from Indian medicinal plants with hypoglycemic potentials. *J. of Ethnopharmacol*, 106: 1-28.

OMS (Organisation Mondiale de la Santé). Diabète sucré. Aide mémoire 2002a; N°138.

Padavala AB., Gadde., Radha., Vedurupaka., Talluru., Yellapu., Kolli., 2006. A database of 389 medicinal plants for diabetes. *Bioinformation*, 1: 130-131.

Paris et Moyses, 1965. Paris R. et Moyses M. (1965). Précis de matière médicale. Edit. Masson. Paris. 412p.

Petricic J. et Kalodzera Z., (1982).Galeginin: its toxicity antidiabetic activity and content determination. *Acta Pharmaceutica: Yugoslavica*, 32: 219-223.

Pierre schuck, Anne Dolivet, Romain Jeantet., (2012). Les poudres laitières et alimentaire, techniques d'analyse-Editions TEC et DOC, Lavoisier-Paris.

Prentki M, Nolan C J. Islet beta cell failure in type 2 diabetes. *J. Clin. Invest.* 2006;116(7):1802-12.

Quézel P., Santa S (1962-1963).Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS (Paris), 2 : 677.
Reviews:564-582.

Rodier M.Définition et classification du diabète. *Médecine Nucléaire – Imagerie fonctionnelle et métabolique* 2008;25(2):5-18.

Said O., Khalil K., Fulder S., Azaizeh H., 2002. Ethnopharmacology survey of medicinal herbs in Israel, the Golden height and the West Bank region. *Journal of Ethnopharmacology*, 83: 251-265.

Sanjay M.J., (2002).Herbal Drugs as Antidiabetics: An overview. *CRIPS*, 13: 9 -13.

Satyavati G.V., Neeraj T., Madhus S., 1989. Indigenous plant drugs for diabetes mellitus.

Saxena A., et Vikram N.K., (2004). Role of selected Indian plants in management of type 2 diabetes: a review. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 10: 369 – 378.

Schauenbeg, P., et Paris, F., (1977). Guide des plantes médicinales Analyse, description et utilisation de 400 plantes. ISBN: 2-603-00001-2, pp: 330.

Sheehan W.E et Zemaitis M.A., (1983).A constituent of *Pterocarpus marsupium* (-)-Epicathechin, as a potential antidiabetic agent. *Journal of Natural Product*, 46: 232-234.

SINGLETON, V.L., ORTHOFER, R., LAMUELA-RAVENTOS, R.M. (1999): Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 299, 152-178.

Ticli B., (1997).L'herbier de santé. 1^oédition. Paris. Edition VECCHISAO, 01 : 206.

Wellen K E., Hotamisligil GS. Inflammation, stress, and diabetes. *J. Clin. Invest.* 2005;115(5):1111-1119.

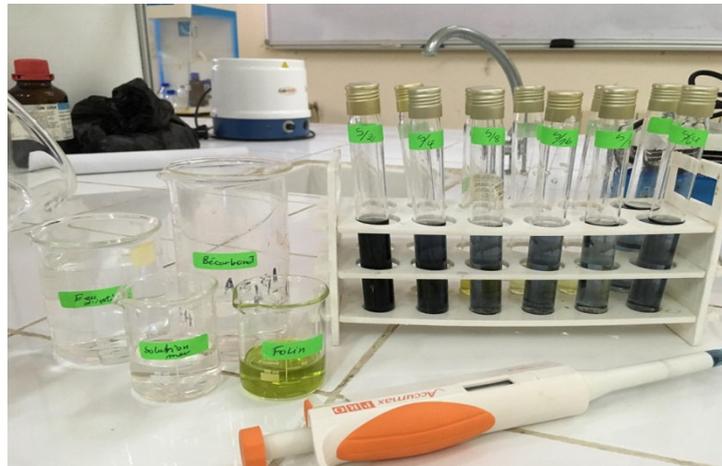
Ziyyat A., Legssyer H., Mekhfi A., et al., 1997. Phytotherapy of hypertension and diabetes in Oriental Morocco. *J Ethnopharmacol*, 58: 45-54.

Annexe

Annexe 1 : Extrait méthanolique



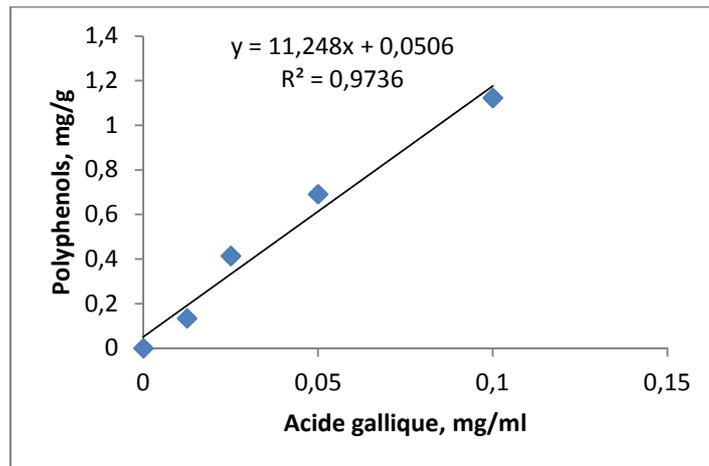
Annexe 2 : Dosage des polyphénols



Annexe 3 : Quelques échantillons de fromage fondu préparé



Annexe 4 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique



Annexe 5 : les résultats des analyses microbiologiques de fromage

