

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم العلوم الفلاحية



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2

Spécialité : « Sécurité Agro-alimentaire et Assurance Qualité »

THÈME

Incorporation de bio-conservateur dans la fabrication du Beurre raffiné

Soutenu le :07/07/2021

Présenté Par : Attoui Seyf Eddinne & Berredjem Lina

Devant le jury composé de :

Dr. Mouissi S.	M.C.B	Examinatrice	UCBET
Dr. Toumi A.	M.A.A	Présidente	UCBET
Dr. Benabdallah A.	M.C.A	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2020 - 2021



REMERCIEMENTS

Nous remercions Allah le tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour réaliser ce travail et guidé nos pas vers la voie du savoir.

*Nous tenons à remercier notre encadreur **Dr. Benabdallah Amina**, pour son aide précieuse et pour notre orientation tout au long de la période de réalisation de ce travail.*

*Nos sincères remerciements également aux membres de jury, **Dr. Toumi Abire** et **Dr. Mouïssi Samia**, d'avoir accepté d'examiner notre modeste travail.*

*Nous remercions la laiterie **SARL HODNA Lait** - M'sila, et l'ensemble de son personnel surtout de laboratoire centrale pour m'avoir accueilli et permis d'effectuer les travaux nécessaires à la réalisation de ce Travail.*

Enfin, nous remercions tout ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de nos sincères.



DEDICACE

Je dédie cette thèse à ...✍

A la mémoire de mon Père Attoui Saad

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation.

A ma très chère mère Attoui Halima

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mes chers frères et mes jolies sœurs

Yaaqoub, Abd Errahmane, Asma, Hour Elaine, Maria Pour leur grand amour et leur soutien moral qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.

A mes chères ami(e)s

Mon binôme Berredjem Lina, Siradj Eddin, Morsele, Nour Eddine, Aymen, Houssem, Hichem.

Attoui Seyf Eddine

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

Tout d'abord, louange à « Allah » qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long de travaillé et m'a inspiré les bons pas et les juste reflexe sans sa miséricorde, se travaillé n'aura pas abouti.

*A l'âme de mon très cher père
qui repose en paix au près du Bon Dieu.*

*A la tendresse infinie, aux sacrifices non payés, au signe de l'amour
Sincère et fidèle à ma raison de vivre et de vaincre, ma mère qui a
tant attendue ce moment.*

A mes chers et adorables frères et sœurs qui m'entourent avec amour

A mes amis

A tous ceux que j'aime

Et tous ceux qui me sont chers .Que Dieu vous garde!

Berredjem Lina

Résumé

Les plantes constituent une grande source d'antioxydants naturels pour l'industrie agroalimentaire. L'oxydation de la matière grasse est probablement la transformation chimique causant le problème majeur en technologie laitière surtout dans le beurre en raison de sa teneur élevée en matière grasse. L'industrie alimentaire utilise les huiles essentielles pour rehausser le goût et aromatiser les aliments, elles possèdent aussi des profils de composition chimique différents permettant de les utiliser comme agents naturels de conservation des aliments. Notre étude vise à l'incorporation des huiles essentielles de l'orange "*Citrus sinensis*", et du romarin "*Rosmarinus officinalis*", pour une aromatisation et bio-conservation du beurre industriel raffiné qui rentre dans l'innovation des produits alimentaires. Pour ce faire les deux huiles essentielles ont été incorporées à différentes doses (50 μ l/100g, 100 μ l/100g), un suivi de l'évolution microbiologique, des analyses physicochimiques et sensorielles ont été effectuées pendant le stockage. Les deux huiles essentielles ont montré une activité antioxydante intéressante, avec une absence totale de tous les germes recherchés (absence des *Escherichia Coli* – *Staphylococcus aureus* - levures et les moisissures - flore totale aérobie mésophile (FTAM)) dans les beurres aromatisés. De plus les résultats de la qualité hygiénique des beurres élaborés ont montré que l'ajout des huiles essentielles de l'orange et du romarin au beurre pourraient jouer le rôle d'agent aromatisant et conservateur à différentes concentrations, avec un goût assez appréciable par le consommateur.

Mots-clés : analyse sensorielle, beurre raffiné, conservateur, huiles essentielles, microbiologie, physicochimie.

ملخص

تعتبر النباتات مصدرًا كبيرًا لمضادات الأكسدة الطبيعية لصناعة الأغذية. من المحتمل أن تكون أكسدة الدهون هي التحول الكيميائي الذي يسبب مشكلة كبيرة في تكنولوجيا الألبان خاصة في الزبدة بسبب محتواها العالي من الدهون. تستخدم صناعة المواد الغذائية الزيوت الأساسية لتحسين المذاق والنكهة للأطعمة ، كما أن لها سمات تركيب كيميائية مختلفة تتيح استخدامها كمواد حافظة طبيعية للأغذية تهدف دراستنا إلى دمج الزيوت الأساسية للبرتقال *"Citrus sinensis"* ، وإكليل الجبل *"Rosmarinus officinalis"* ، من أجل نكهة الزبدة الصناعية المكررة والحفاظ عليها بيولوجيًا والتي تدخل في ابتكار المنتجات الغذائية. لهذا الغرض ، تم دمج الزيتين الأساسيين بجرعات مختلفة (50 ميكرو لتر /100 غ ، 100 ميكرو لتر /100 غ) ، تم إجراء مراقبة للتطور الميكروبيولوجي ، و التحليلات الفيزيوكيميائية والحسية أثناء التخزين. أظهر الزيتان الأساسيان نشاطًا مثيرًا للاهتمام كمضاد للأكسدة ، مع غياب تام لجميع الجراثيم المطلوبة (*Escherichia Coli – Staphylococcus aureus - levures et les moisissures - flore totale*) (aérobie mésophile (FTAM) في الزبدة المنكهة. بالإضافة إلى ذلك ، أظهرت نتائج الجودة الصحية للزبدة المنتجة أن إضافة الزيوت الأساسية من البرتقال وإكليل الجبل إلى الزبدة يمكن أن تلعب دورًا كعامل نكهة وحافظة بتركيزات مختلفة ، مع طعم ملموس للغاية من قبل المستهلك .

الكلمات المفتاحية : زيوت أساسية ، الفيزيوكيميائية ، الميكروبيولوجي ، الزبدة الصناعية ، مضاد للأكسدة.

Abstract

Plants are a great source of natural antioxidants for the food industry. Oxidation of fat is probably the major chemical transformation problem in dairy technology, especially in butter because of its high fat content. The food industry uses essential oils to enhance the taste and flavour of foods, they also have different chemical composition profiles allowing them to be used as natural food preservatives. Our study aims at the incorporation of essential oils of orange "*Citrus sinensis*", and rosemary "*Rosmarinus officinalis*", for a flavouring and bio-preservation of industrial refined butter that enters in the innovation of food products. For this purpose, the two essential oils were incorporated at different doses (50 ul/100g, 100µl/100g), a monitoring of the microbiological evolution, physicochemical and sensory analyses were carried out during storage. The two essential oils showed an interesting antioxidant activity, with a total absence of all the germs sought (absence of *Escherichia. coli* - *Staphylococcus aureus* - yeasts and molds - total aerobic mesophilic flora (TAMF)) in the flavored butters. Moreover, the results of the hygienic quality of the elaborated butters showed that the addition of essential oils of orange and rosemary to the butter could play the role of flavouring agent and preservative at different concentrations, with a taste quite appreciable by the consumer.

Key-words: essential Oils, microbiology, physicochemistry, preservative refined butter, sensorial analysis.

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des Abréviations	
Introduction.....	1
Partie bibliographique	
Chapitre I : Beurre.....	3
I.1. Définition.....	3
I.2. Structure du beurre.....	3
I.3. Composition du beurre.....	3
I.4. Technologie de fabrication du beurre.....	5
I.4.1. Fabrication traditionnelle.....	5
I.4.2. Fabrication moderne.....	7
I.4.2.1. Préparation de la crème.....	8
I.4.2.2. Pasteurisation.....	9
I.4.2.3. Maturation de la crème.....	9
I.4.2.4. Barattage.....	11
I.4.2.5. Lavage.....	12
I.4.2.6. Malaxage.....	12
I.4.2.7. Emballage.....	12
I.5. Variétés de beurre.....	12
I.5.1. Beurre fermier.....	12
I.5.2. Beurre cru ou de crème crue.....	13
I.5.3. Beurres concentrés.....	13
I.5.4. Beurre allégé.....	13
I.5.5. Demi-beurre.....	13
I.5.6. Spécialités laitières à tartiner.....	13
I.5.7. Beurre fin.....	13
I.5.8. Beurre extra.....	14
I.5.9. Pâtes à tartiner à teneurs en lipides réduites.....	14
I.6. Les valeurs nutritionnelles du beurre.....	14
I.6.1. Une grande digestibilité.....	14

I.6.2. Une source importante de vitamines	14
I.6.3. Moins calorique que l'huile	14
I.7. Conservation du beurre	14
I.8. Altérations du beurre	15
a. Oxydation	15
b. Lipolyse	15
Chapitre II : Les additifs alimentaires	16
II.1. Définition	16
II.2. Classification	16
II.3. Les catégories d'additifs alimentaires	17
II.4. Les arômes	18
II.4.1 Définition	18
II.4.2. Les agents d'aromatisation	19
II.5. Les conservateurs	20
II.5.1. Définition	20
II.5.2. Les types des conservateurs	20
II.6. Les antioxydants	21
II.6.1. Définition	21
II.6.2. Principaux antioxydants primaires	21
Chapitre III : Les huiles essentielles	23
III.1. Définition	23
III.2. Classification	23
III.2.1. Selon la composition chimique	23
III.2.2. Selon la couleur de l'huile	23
III.3. Mode d'action des huiles essentielles	23
III.4. Techniques d'extraction	24
III.4.1. L'hydrodistillation	25
III.5. Domaines d'utilisation des HE dans l'industrie agro-alimentaire	26
III.6. Les Oranges (<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck)	26
III.7. Utilisation	27
III.8. Composition chimique de l'HE d'oranges	28
III.9. Le romarin	28
III.9.1. Description et systématique	28
III.9.2. Habitat et culture	29

III.10. Composition chimique d'HE de romarin	30
III.11. Usages	30
III.11.1. Usage médicinal et traditionnel	30
III.11.2. Usage alimentaire	31
III.12. Activité antioxydante	31

Matériel et méthode

IV.1. Lieux et durée du stage	32
IV.2. Matériel biologique	33
IV.2. 1. Matériel végétal	33
IV.2.2. Lait de vache	34
IV.3.2. Les ferments lactiques	37
IV.3.3. Elaboration de beurre	38
IV.4. Préparation du beurre incorporé	42
IV.4.1. Composition Chimique	43
IV.4.2. Analyse physicochimique	44
IV.5. Evaluation de la stabilité du beurre durant le stockage	47
IV.6. Analyses microbiologiques	47
IV.6.1. Préparation des échantillons	48
IV.6.2. Les germes recherchés	48
IV.7. Analyse sensorielle	52
IV.7.1. Mode opératoire	52
IV.7.2. Les propriétés organoleptiques	52

Résultats et discussion

V.1. Résultats des extractions des huiles essentielles	53
V.2. Analyses sur le lait cru	54
V.2.1. Analyses physicochimiques	54
V.2.2. Test d'antibiotiques	55
V.2.3. Analyses microbiologiques du lait	56
V.3. Analyses sur le beurre	57
V.3.1. Les analyse physicochimique	57
V.3.2. L'indice de réfraction et le Brix	58
V.3.3. Le point de fusion	59
V.3.4. Evaluation de la stabilité du beurre au cour de stockage:	59
V.3.5. Les analyses microbiologiques	61

V.4. Résultats des tests organoleptiques du beurre témoin et incorporé.....	64
•Acidité.....	64
•Odeur.....	64
•Couleur.....	65
•Texture.....	65
•Saveur.....	66
Discussion générale	67
Conclusion.....	69
Les références bibliographiques.....	71
Annexes	79

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Microstructure du beurre	3
2	Une méthode traditionnelle El chekoua	6
3	Beurre et babeurre	7
4	Étapes de fabrication industrielle du beurre à 80% en masse de matière grasse par agglomération	8
5	Séparateur à turbine centripète à sorties équipées de systèmes de régulation manuels	9
6	Mécanisme biochimique de la formation de l'arôme du beurre à partir du lactose et de l'acide citrique	11
7	une vue en coupe d'un butyrateur	12
8	Les différents aliments à base d'additifs alimentaire	16
9	Les catégories d'additifs alimentaires dans des différents types d'aliments.	18
10	Différents extraits aromatiques obtenus à partir de matières végétales	25
11	Hydrodistillation de type Clevenger	26
12	Oranger, <i>Citrus sinensis</i>	27
13	Photographie de <i>Rosmarinus officinalis</i> en inflorescence	29
14	Les structures chimiques des composants de l'HE du romarin	30
15	Les structures chimiques des principaux composants antioxydants des feuilles du romarin	31
16	Société HODNA lait	33
17	Extraction des huiles essentielles de Romarin et d'Orange	34
18	Détermination de teneur en matière grasse du lait selon la méthode de Gerber	36
19	Recherche des antibiotiques	36
20	Echantillons de lait pour l'analyse microbiologique	37
21	Le ferment lactique utilisé pour la maturation biologique de crème	38
22	Séparateur crème avec ses paramètres	39
23	Pasteurisateur de crème	39
24	Crème en maturation physique au niveau du tank	40
25	Barattage, malaxage et stockage du beurre dans le Silo	41
26	Prélèvement des échantillons et analyse de l'humidité	41

27	Préparation du beurre incorporé sous la hotte stérile	42
28	Détermination de la composition chimique à l'utilisation de Food Scan™ - FOSS	43
29	Réfractomètre	43
30	Détermination matière grasse du beurre	45
31	Mesure de pH à l'aide de pH-mètre	45
32	Détermination de l'acidité et de l'indice d'acide	46
33	Préparation des échantillons pour les analyses microbiologiques du beurre	48
34	Ensemencement de la solution mère dans les milieux de culture	49
35	Méthode de recherche <i>Escherichia. coli</i>	49
36	Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i>	50
37	Dénombrement de la flore fongique	51
38	Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)	51
39	Résultat obtenu pour le test d'antibiotiques des échantillons du lait cru	56
40	résultat en degré Brix par réfractomètre portatif	58
41	Le taux de Brix	58
42	Un beurre fondu dans un tube capillaire	59
43	Résultats de pH au cours de stockage	59
44	Suivi de l'acidité au cours de stockage	60
45	Evolution de l'indice de peroxyde en fonction du temps	61
46	Lecture des boîtes de Pétri à l'aide d'un compteur de colonies	62
47	Les résultats observer sous la lentille du compteur de colonies	63
48	Mesure de l'acidité	64
49	L'odeur selon les dégustateurs	64
50	Les résultats de La couleur l'appréciation	65
51	les résultats de l'appréciation des produits selon la texture	65
52	Les résultats de saveur	66

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Teneur en éléments nutritifs de 100g de beurre	4
2	Caractéristiques physicochimiques du beurre traditionnel algérien	6
3	Classification des additifs alimentaires selon l'Union Européenne	17
4	Composition chimique de l'HE d'orange	28
5	Composants principaux de l'HE des feuilles du romarin	30
6	Présentation des ateliers et leurs capacités de production dans l'entreprise HODNA-Lait	32
7	Analyses physico-chimiques du lait réceptionné	35
8	Tableau récapitulatif de la composition des 05 mélanges formulés à l'échelle du laboratoire	42
9	Rendements des HE et caractéristiques organoleptiques	53
10	Résultats des analyses physicochimiques du lait cru	54
11	Résultats d'analyses microbiologiques du lait cru exigées par la réglementation algérienne	56
12	Résultats des analyses physicochimiques du beurre témoin et beurre incorporé	57
13	Résultats de dénombrement et de recherches microbiologiques	52

Liste des Abréviations

FTAM: flore totale aérobie mésophile	VRPL: Violet Red Bile Lactose Agar
HE: huile essentielle	E.T.G.P.A: Egg-Tellurite-Glycine-Pyruvate Agar
BHA: butylhydroxyanisol	BP: Baird Parker
BHT: butylhydroxyanisol	OGA: Oxytetracycline-Glucose-Yeast Extract Agar
GG: globules gras	PCA: Plate Count Agar
MG: Matière Grasse O	UFC: unités formant colonies
KOH: hydroxide potassium	JORA : journal officielle république algérienne
FAO: Food and Agriculture Organization	EST: Extrait Sec Total
pH: potentiel hydrogène	ESD: Extrait Sec Dégraissé
Kcal: kilocalorie	DLC: Dat Limite de Consommation
UE: Union Européenne	HER: Huile Essentielle de Romarine
AFNOR: Association Française de Normalisation	HEO: Huile Essentielle d'Orange
NF: Norme Française	EFMO: Extrait de Feuille de Moringa Oleifera
UV: Ultra violet	HMO: Huile de Moringa Oleifera
GC: Chromatographie Gazeuse	
MS: Spectrométrie de Masse	
RHE: rendement en huile essentielles en (g).	
M1: masse des l'huiles essentielles en (g).	
M2 : masse d'échantillon en (g)	
NaOH: hydroxide sodium	
BR: Beurre + Romarin	
BO: Beurre + Orange	
NE: Norme Européenne	
NA: Norme Algérienne	

Introduction

Introduction

Ces dernières années, les consommateurs se réfèrent à des aliments naturels, ils préfèrent une substitution partielle ou complète des conservateurs synthétiques en raison de leurs effets néfastes sur la santé. Ce fait a suscité un intérêt croissant pour le développement d'alternatives naturelles afin d'améliorer la durée de conservation et la sécurité des aliments (**Bukar et al., 2010**).

Les antioxydants sont des ingrédients importants dans la conservation des aliments. Leur rôle essentiel est d'inhiber le développement de rancissement oxydatif dans les produits alimentaires à base de graisse, en particulier la viande et les aliments frais. Les antioxydants synthétiques tels que le butylhydroxyanisole (BHA) et le butylhydroxytoluène (BHT) sont largement utilisés dans l'industrie alimentaire en raison de leurs capacités à prévenir les détériorations des aliments et de prolonger leur durée de conservation. Cependant, bon nombre d'entre eux sont considérés comme néfastes pour la santé et présentent des risques d'allergie voir même de cancérogénicité (**Akrouf et al., 2010; Chang et al., 2007**).

Les méthodes de protection naturelle ont commencé à être populaires dans l'attribution des aliments et de nouvelles méthodes de conservation axées sur l'utilisation de plantes respectueuses de l'environnement qui ont des effets antioxydants et antimicrobiens. Les plantes aromatiques et médicinales constituent une grande source d'antioxydants naturels pour l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique.

L'oxydation des lipides dans les produits alimentaires est l'un des problèmes majeurs en industrie agroalimentaire, à cause de la formation des produits d'oxydation, qui sont responsables des odeurs indésirables et de la diminution des qualités organoleptique, nutritionnelle, et microbiologique des aliments (**Paradiso et al., 2006**).

L'utilisation des huiles essentielles dans ce sens a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche qui démontre leur efficacité au niveau des aliments aussi bien pour la prolongation de leur durée de vie que pour l'aromatisation, ainsi leur activité antimicrobienne a été largement démontré. Dans ce fait, l'objectif étant de mettre sur le marché de nouveaux produits tout en diversifiant l'offre déjà existante (**Lahlou, 2004**).

Pour cela de nombreuses études s'orientent vers la recherche d'antioxydants naturels, parmi ces différents types de substances naturelles, les huiles essentielles des plantes

aromatiques et médicinales qui ont reçu une attention particulière comme agents naturels à grand potentiel pour la conservation des aliments (**Viuda-Martos, mohamady et al., 2011**).

Plusieurs études ont été menées sur les activités biologiques des huiles essentielles de *Citrus sinensis*, telles que l'activité antioxydant (**Himed, 2011; Hellal, 2011**) et l'activité antimicrobienne (**Moreira et al., 2005**). Le romarin (*Rosmarinus Officinalis* L.), herbe aromatique de la famille des Labiées, apprécie pour ses propriétés aromatiques, antioxydantes, antimicrobiennes, antispasmodiques, emménagogues et anti-tumorales, largement utilisé dans les produits pharmaceutiques et en médecine traditionnelle (**Bekkara et al., 2007**)

Dans ce contexte s'inscrit le présent travail de recherche dont le but principal est l'extraction des huiles essentielle des parties aérienne de *Rosmarinus officinalis* et de *Citrus sinensis*, étudie leur activité biologique, Que l'activité antioxydante et l'activité antimicrobienne, ces huiles essentielles possèdent un moyen très prometteur pour pallier les risques d'altérations causés par l'oxydation des lipides et par les microorganismes. Ainsi que l'amélioration de la qualité et la diversification du beurre raffiné fabriqué à base de lait de vache. Afin de mettre en évidence le rôle conservateur et aromatisant de ces deux huiles essentielles sur le beurre raffiné.

Nous avons structuré notre démarche en cinq chapitres interdépendants :

- ✓ Les trois premiers strictement théoriques rassemblent d'une part des généralités sur le beurre, les additifs alimentaires et les huiles essentiels.
- ✓ Le quatrième chapitre est consacré aux méthodes et aux techniques employées pour la réalisation de ce travail : extraction des huiles essentielle, analyses physico-chimiques et microbiologique de beurre incorporé.
- ✓ Le cinquième chapitre analytique traite les différents résultats obtenus au cours de notre étude pratique, ces résultats sont également interprétés dans le même chapitre.
- ✓ Enfin une conclusion achèvent notre étude.

Partie

Bibliographique

Chapitre I : Beurre

I.1. Définition

Le beurre est un aliment préparé, conformément aux bonnes pratiques industrielles, à partir du lait ou des produits du lait et doit contenir au moins 80% de matière grasse du lait. Il peut également contenir des solides du lait, des cultures bactériennes, du sel et un colorant alimentaire. Conformément au **Codex Alimentarius**, le beurre est un produit gras dérivé exclusivement du lait ou de produits obtenus à partir du lait, principalement, sous forme d'une émulsion du type eau dans l'huile (**Paul, 2010**).

I.2. Structure du beurre

La phase est constituée d'un grand nombre de globules gras (GG) intacts intégrés à un ciment de MG liquide. Au sein des globules gras et du ciment de MG sont susceptibles de former dans le ciment sont responsables de la fermeté du beurre. Enfin, on trouve également une part non négligeable d'eau dispersée sous forme de petites gouttelettes (1- 25 μm) et intégrée dans la matière grasse (au niveau des membranes des GG), et des bulles d'air (>20 μm)(**Figure 01**). le principal critère d'appréciation de la qualité fonctionnelle du beurre est la tartinabilité. Elle dépend de la structure de celle-ci (**Couvreur et Hurtaud, 2007**).

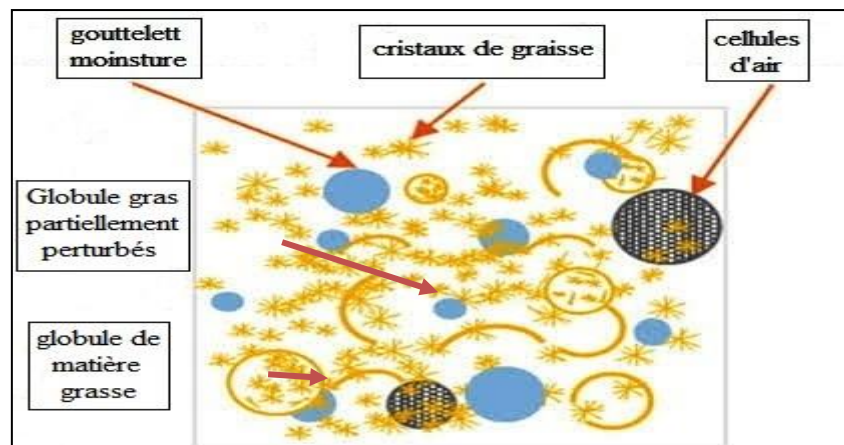


Figure 1. Microstructure du beurre (site 1).

I.3. Composition du beurre

Il contient de 80 à 81% de matière grasse laitière, 17% d'humidité, 1% de glucides et de protéines, et 1,2 à 1,5% de chlorure de sodium (**Kornacki et al., 2001**) (tableau 1).

Tableau 1. Teneur en éléments nutritifs de 100g de beurre,(Chandan et Kilara, 2011).

Nutriments	Unités	Beurre Salé	Beurre non salé
Poids	G	100	100
Humidité	%	15,87	17,94
Energie	kcal	717	717
Energie	Kj	2999	2999
Protéine	G	0,85	0.85
Matière Grasse	G	81,11	81,11
Les acides gras saturés	G	51.368	51.368
Les acides gras mono-insaturés	G	21,021	21,021
Les acides gras polyinsaturés	G	3,043	3,043
Cholestérol	mg	215	215
Glucides	G	0,06	0,06
Fibre alimentaire	G	0	0
Calcium	mg	24	24
Fer	mg	0.02	0.02
Magnésium	mg	2	2
Phosphore	mg	24	24
Potassium	mg	24	24
Sodium	mg	576	11
Zinc	mg	0,02	0.09
Cuivre	mg	0	0,016
Manganèse	mg	0	0,004
Sélénium	Qg	1,0	1,0
Vitamine C	mg	0	0
Thiamine	mg	0,005	0,005
Riboflavine	mg	0,034	0.034
Niacine	mg	0,042	0,042
Acide pantothénique	mg	0,110	0,110
Vitamine B 6	mg	0,003	0,003
Acide folique	Qg	3	3

Vitamine B 12	Qg	0,17	0,17
Vitamine A	Kg	684	684
Vitamine D	Qg	60	60
Vitamine E	mg	2,32	2,32
Vitamine K	Qg	7,0	7,0
Tryptophane	G	0,012	0,012
Thréonine	G	0,038	0,038
Isoleucine	G	0,051	0,051
Leucine	G	0,083	0,083
Lysine	G	0,067	0,067
Méthionine	G	0,021	0,021
Cystéine	G	0,008	0,008
Phénylalanine	G	0,041	0,041
Tyrosine	G	0,041	0,041
Valine	G	0,057	0,057
Arginine	G	0,031	0,031
Histidine	G	0,023	0,023
Alanine	G	0,029	0,029
Acide aspartique	G	0,064	0,064
Acide glutamique	G	0,178	0,178
Glycine	G	0,018	0,018
Proline	G	0,082	0,082
Serine	G	0,046	0,046

I.4. Technologie de fabrication du beurre

I.4.1. Fabrication traditionnelle

Il est reconnu depuis l'antiquité que les femmes des nomades ont joué un rôle très important dans la transformation du lait en produits dérivés traditionnels, notamment le beurre (Figure 2) (Le Quellec *et al.*, 2006).



Figure 2. une méthode traditionnelle El chekoua (Makhloufi, 2010).

Le beurre frais est obtenu après barattage du " Rayeb " ou lait caillé. Ce dernier est occasionnellement ajusté d'une quantité d'eau tiède (40-50°C), à la fin du barattage pour favoriser l'agglomération des globules lipidiques et accroître le rendement en beurre. Les globules gras apparaissant en surface, à la suite du barattage, sont séparés par une cuillère perforée. Le beurre frais obtenu présente une consistance molle du fait de la forte concentration en eau (Figure 3) (Benkerroum et Tamine, 2004).

Une caractérisation physicochimique d'un beurre algérien est donnée par le **tableau 2**.

Tableau2. Caractéristiques physicochimiques du beurre traditionnel algérien (Lahsaoui, 2009).

Paramètres	Unité	Valeurs moyennes
Humidité	%	14,0
NaCl	%	1,5
Lactose	g/100g	1,2
Matière grasse	g/100g	81,0
Protéines	g/100g	3,2
Lipides insaponifiables	g/100g	0,3
Indice d'acide	mg KOH/g lipide	52,0
Indice peroxyde	mg KOH/g lipide	3,7

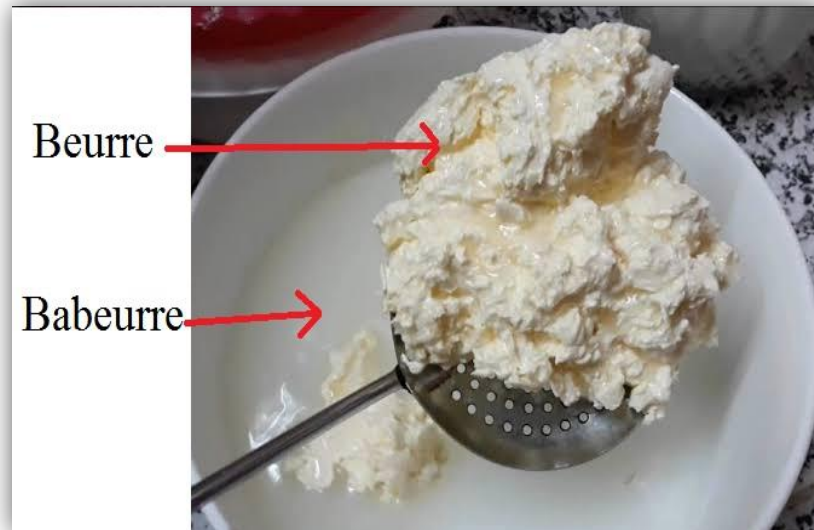


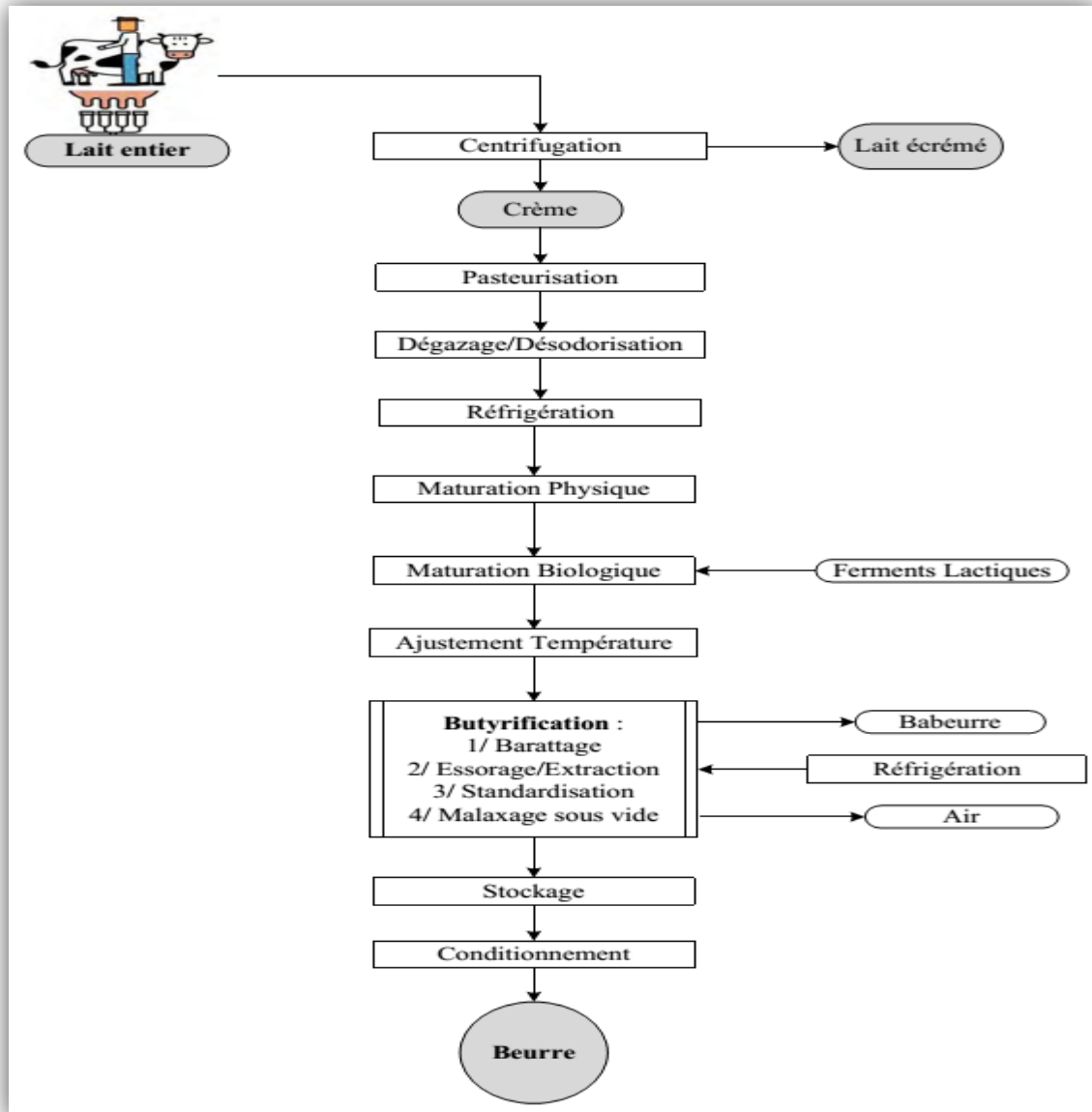
Figure 3. Beurre et babeurre (Attoui et Berredjem, 2021).

I.4.2. Fabrication moderne

Selon **Keogh (2006)**, La fabrication du beurre comprend cinq étapes principales:

- Concentration de la phase grasse du lait par séparation mécanique.
- Cristallisation de la phase grasse de la crème par refroidissant.
- Phase d'inversion de l'émulsion huile dans l'eau de la crème.
- Elimination du babeurre.
- Formation d'une émulsion eau-dans-huile.

Le diagramme général de la fabrication industrielle du beurre à 80% en masse de matière grasse par agglomération est représenté dans la (**Figure 4**) (**Boutonnier, 2007**).



Figures 4. Étapes de fabrication industrielle du beurre à 80% en masse de matière grasse par agglomération (Boutonnier, 2007).

I.4.2.1. Préparation de la crème

Quelle que soit l'utilisation de la matière grasse (figure 5), celle-ci est d'abord séparée du lait au cours de l'opération d'écémage qui donne deux produits à savoir le lait écrémé et la crème (FAO, 1995).

Préalablement, le lait est chauffé à 50°C pour l'obtention d'un meilleur rendement d'écémage (Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques, 2002).

La crème est standardisée entre 35 et 40% de MG en fabrication traditionnelle et entre 40 et 45% de MG en fabrication continue. Dans le cas des crèmes acides, on procède à une désacidification pour ramener l'acidité du non gras entre 15° et 20°D soit par lavage à l'eau suivi d'un écrémage afin d'éliminer la phase non grasse altérée, soit par addition de neutralisants (Jeantet *et al.*, 2008).

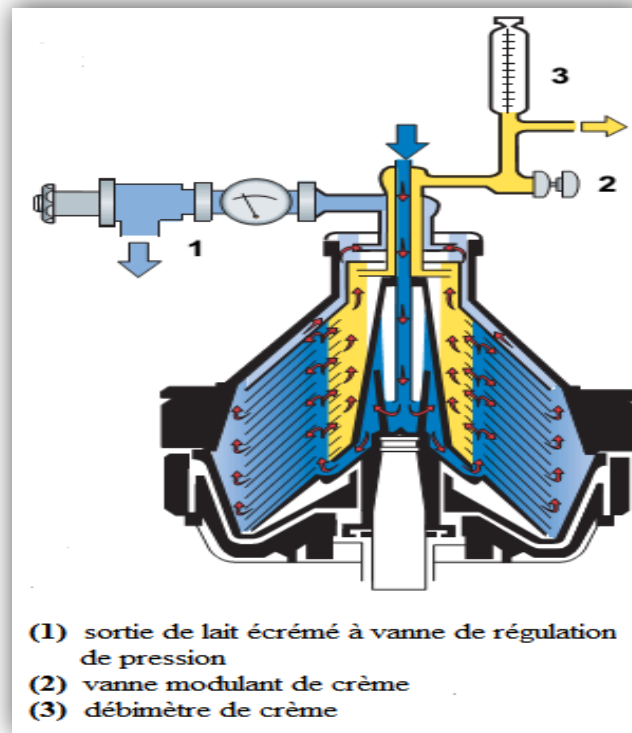


Figure 5. Séparateur à turbine centrifète à sorties équipées de systèmes de régulation manuels (Gosta *et al.*, 2015).

I.4.2.2. Pasteurisation

La pasteurisation consiste en un traitement thermique à haute température qui se fait entre 85°C et 90°C pendant 15 à 20 secondes tout en préservant les qualités organoleptiques de la crème. Elle provoque la destruction des germes pathogènes et de la plupart des germes saprophytes, la destruction des lipases facteurs de rancissement, la formation de composés sulfurés réducteurs qui s'opposent à l'oxydation des lipides, et la maîtrise ultérieure de la maturation lactique de la crème (Fredot, 2005).

I.4.2.3. Maturation de la crème

La maturation de la crème peut combiner deux processus : d'une part, la maturation physique qui assure une cristallisation dirigée de la matière grasse et d'autre part, une

maturation biologique qui assure le développement de l'acidité et de l'arôme (Jeantet *et al.*, 2008).

a. Maturation physique

Les propriétés rhéologiques des beurres dépendent fortement des propriétés thermiques et structurales des triglycérides constituant la matière grasse. La maturation physique qui vise à solidifier une partie des triglycérides est une opération incontournable pour obtenir un beurre de qualité optimale et constante malgré le degré de variabilité de la qualité de la crème. L'application d'un cycle thermique adapté permet de diriger la cristallisation des triglycérides et de corriger ainsi les effets liés à la saison.

Par conséquent, le régime de refroidissement pratiqué lors de la maturation physique influence, à la fois, la quantité de matière grasse solidifiée par cristallisation, ainsi que le degré d'agglomération des globules gras. Ce dernier facteur est fondamental car il conditionne l'aptitude de la crème au barattage. Les globules gras sont dans un état métastable de grande fragilité au niveau de la crème pendant une dizaine de minutes après le refroidissement. Aussi, tout stress mécanique, pendant cette phase, entraîne une libération de matière grasse liquide qui agglomère les globules gras. La crème étant plus visqueuse, l'agitation doit être plus longue et plus énergique (Boutonnier, 2007).

b. Maturation biologique

Cette opération se réalise dans le cadre des fabrications traditionnelles ainsi que pour l'obtention de beurres d'appellation d'origine contrôlée (obligation d'une durée minimale de 12 heures entre 9°C et 15°C). Elle consiste à ensemencer la crème avec une préparation de bactéries lactiques à la dose massique de 3 à 5% et à laisser se développer celles-ci pendant une dizaine d'heures afin de développer deux types de fermentations : lactique et aromatique.

La fermentation lactique produit de l'acide lactique qui abaisse le pH de la crème entre 4,70 et 5,80 afin d'améliorer la conservation du beurre. En outre, cette diminution du pH permet en se rapprochant du point isoélectrique des protéines membranaires de faciliter l'agglomération des globules gras, recherchée lors du barattage.

La fermentation aromatique résulte majoritairement du métabolisme des citrates par les bactéries lactiques, Elle conduit à la production d'une molécule très aromatique (goût de noisette du beurre) le diacétyle ou 2-3 butanedione. Même si d'autres composés, soit originels (acides ou delta lactones), soit ceux issus de fermentation (alcools, aldéhydes, cétones, esters,

amines, etc.) participent au profil aromatique du beurre, c'est le diacétyle qui joue un rôle prépondérant (Boutonnier, 2007).

c. Bactéries lactiques utilisées dans la fabrication du beurre

La substance aromatique recherchée essentiellement dans le beurre est le diacétyle : il est le fruit de l'oxydation de l'acétoïne produit par *Leuconostoc cremoris* et *Leuconostoc dextranicum* à partir du lactose et de l'acide citrique. Ces espèces produisent leur effet aromatisant seulement en milieu acide : c'est pourquoi on les utilise en mélange avec des ferments de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ou *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*. Il existe cependant des souches de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* (biovar, *diacetylactis*) capable de former à la fois de l'acide lactique et des substances aromatisantes. La fermentation de la crème doit permettre une production suffisante et la conservation du diacétyle (Angers, 2010). La figure 6 présente le mécanisme biochimique de la formation de l'arôme du beurre à partir du lactose et de l'acide citrique (Veisseyre, 1975).

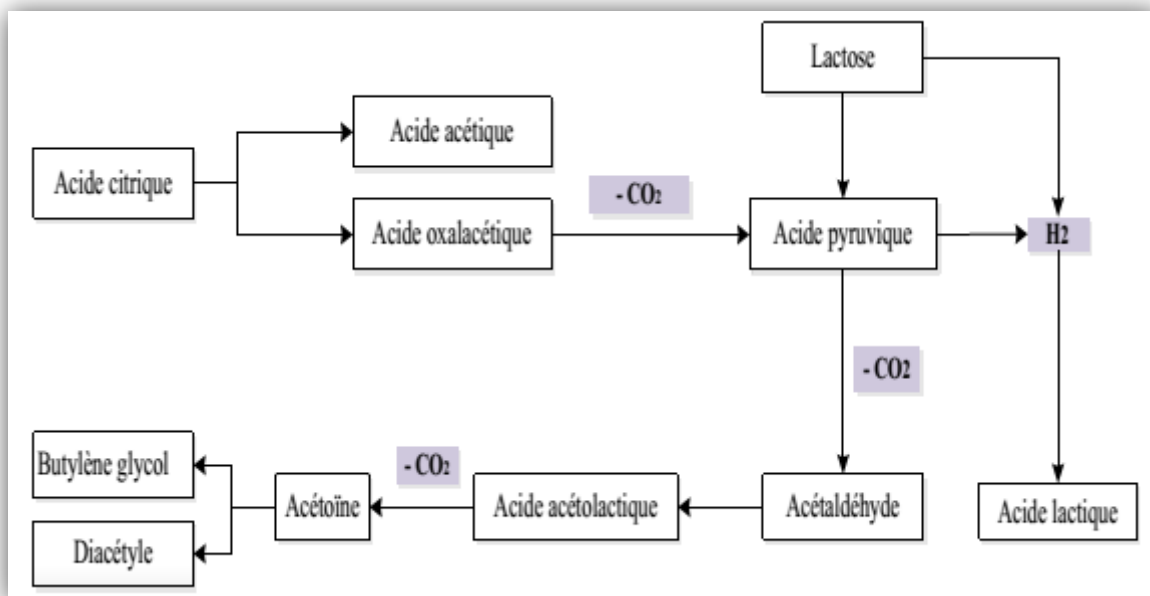


Figure 6. Mécanisme biochimique de la formation de l'arôme du beurre à partir du lactose et de l'acide citrique (Veisseyre, 1975).

I.4.2.4. Barattage

A l'utilisation d'un butyrateur (Figure 7), Le barattage consiste à agglomérer par un mouvement mécanique les petits globules de matière grasse contenus dans la crème du lait : qui permet d'obtenir du beurre et du babeurre. La température doit être maintenue constante (Kanafani-Zahar, 1994).

I.4.2.5. Lavage

Il permet de refroidir et de resserrer le grain, de diluer les gouttelettes du babeurre par de l'eau afin de limiter le développement microbien (Jeantet et al., 2008).

I.4.2.6. Malaxage

Le malaxage sert à mélanger intimement les granules de beurre entre elles, pour obtenir un produit de consistance et de texture désirables (figure7). Pour la fabrication de beurre salé, c'est pendant le malaxage que le sel est ajouté. La teneur en sel est limitée à 1,5% (Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques, 2002).

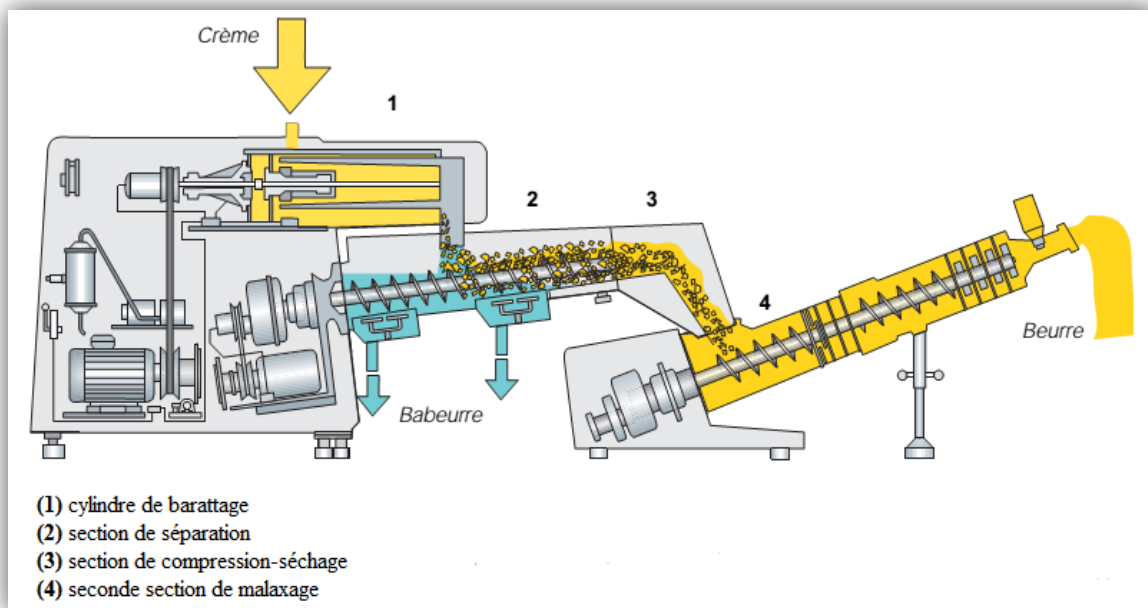


Figure 7. Une vue en coupe d'un butyrateur (Gosta et al.,2015).

I.4.2.7. Emballage

Les matériaux utilisés sont le papier, l'aluminium et certains plastiques thermoformés qui doivent présenter une bonne étanchéité, une protection contre la lumière, l'oxygène et les odeurs de l'environnement (Jeantet et al., 2008).

I.5. Variétés de beurre

Il existe différentes qualités du beurre selon les lieux et les processus de fabrication:

I.5.1. Beurre fermier

Le beurre fermier est un produit laitier traditionnel fabriqué dans les fermes avec des crèmes crues et différentes méthodes, il s'altère rapidement (Apfelbaum et al., 2004).

I.5.2. Beurre cru ou de crème crue

Le lait utilisé n'a subi aucun traitement thermique hormis la réfrigération après la traite. La crème barattée est non pasteurisée et reste sous forme crue. Ce type de beurre est aussi de plus en plus rare de par ses critères microbiologiques moins rigoureux en ce qui concerne les germes non pathogènes (**Fredot, 2005**).

I.5.3. Beurres concentrés

Il existe deux types :

- Beurre concentré destiné à la consommation directe : il est pasteurisé, déshydraté et contient au moins 96% de matières grasses d'origine laitière. Ce produit est commercialisé sous le nom « beurre de cuisine » et est plus stable au cours du stockage car quasiment toute l'eau et la matière non grasse ont été éliminées.

- Beurre concentré destiné à l'industrie : c'est aussi un beurre déshydraté pasteurisé mais qui contient au moins 99,8% de matières grasses d'origine laitière. Il ne doit pas contenir d'additifs neutralisants tels que les antioxydants ou de conservateurs et est commercialisé sous le nom de « beurre pâtissier » (**Fredot, 2005**).

I.5.4. Beurre allégé

C'est un produit émulsionné dont la teneur en matières grasses est comprise entre 41 et 65%. Sa cuisson est rendue possible (**Fredot, 2005**).

I.5.5. Demi-beurre

Ce terme est utilisé pour le beurre allégé dont la teneur en matières grasses est de 39 à 41% (**Jeantet et al., 2008**).

I.5.6. Spécialités laitières à tartiner

Ce sont aussi des corps gras émulsionnés dont les constituants sont exclusivement d'origine laitière et dont la teneur en lipides est comprise entre 20 et 40%. Cependant, leur cuisson est impossible (**Fredot, 2005**).

I.5.7. Beurre fin

Le beurre fin est un produit pasteurisé, la crème étant un mélange de crème pasteurisée et de crème surgelée ou congelée (**Vierling, 2003**).

I.5.8. Beurre extra

Il doit être fabriqué 72 heures au plus tard du lait ou de la crème. La pasteurisation et le barattage de la crème doivent se faire dans les 48 heures qui suivent l'écémage ; la crème ne devant pas avoir subi de désacidification, ni d'assainissement sauf la pasteurisation, ni avoir été congelée ou surgelée (**Vierling, 2003**).

I.5.9. Pâtes à tartiner à teneurs en lipides réduites

Ces produits peuvent associer matières grasses laitières et matières grasses végétales (huiles de soja, tournesol). Ils contiennent ainsi de 20 à 40% de matières grasses. On y ajoute des additifs divers (gélatine, extraits d'algues, chlorure de sodium, caséinate de lait, vitamine A ou D, etc...) (**Fredot, 2005**).

I.6. Les valeurs nutritionnelles du beurre

I.6.1. Une grande digestibilité

Pour sa structure particulière, le beurre s'émulsionne rapidement pendant les différents stades de la digestion. Séjournant peu de temps dans l'estomac, il constitue une matière grasse particulièrement digestible.

I.6.2. Une source importante de vitamines

La matière grasse du beurre est une des plus riches sources de vitamines D, E, K et surtout A. Ce dernier est la « vitamine de beauté » qui renforce l'éclat de la peau et des cheveux, elle joue aussi un rôle déterminant dans le mécanisme de la vision.

I.6.3. Moins calorique que l'huile

La valeur calorique du beurre est identique à celle des margarines 750Kcal/100g mais elle est inférieure à la valeur calorique de l'huile : 900Kcal/100g (**Ellada, 2011**).

I.7. Conservation du beurre

Quel que soit la qualité du beurre, celui-ci doit toujours être conservé au réfrigérateur de 4 à 6°C; le beurre de laiterie de qualité extra peut être conservé au réfrigérateur pendant 2 mois et au congélateur pendant 6 mois, le beurre de ferme est préparé à base de crème crue, il est impératif de le consommer dans 10 jours; au congélateurs, la conservation n'excède pas 3 à 4 mois (**Sanders et al., 2008**).

I.8. Altérations du beurre

Les défauts du beurre proviennent soit de la crème, soit de la technique de fabrication inapproprié ou des conditions de conservation inadéquates ; il s'agit principalement des défauts de saveur de croissance, de consistance et de texture, couleur et la disposition de l'eau (**Ronholt *et al.*, 2012**).

Le beurre peut s'altérer avec le temps, et devient impropre à la consommation, les causes de cette altération sont :

a. Oxydation : C'est une réaction chimique qui intervient lors du stockage du beurre, par fixation d'oxygène sur les doubles liaisons des acides gras insaturés, elle provoque la formation de peroxydes dont la dégradation libère des aldéhydes et des cétones responsable du goût de suif, elle est freinée par l'utilisation d'anti oxydants, mais ceux-ci sont réservés seulement pour la fabrication des beurres à usage industrielle(**Jeantet *et al.*, 2008**).

b. Lipolyse : C'est l'hydrolyse des liaisons esters des triglycérides avec libération d'acide gras responsable du goût rance ; les enzymes responsables de la lipolyse sont surtout les lipases des bactéries psychrotropes, thermorésistantes, jusqu'à 99°C pendant 30 secondes, ce phénomène par l'agitation des globules gras lors de la collecte à la ferme et du transport à l'usine (**Jeantet *et al.*, 2008**).

Chapitre II : Les additifs alimentaires

II.1. Définition

Une directive du ministre de commerce du 21 décembre 1988 publiée au Journal Officiel de la République Algérienne le 11.02.1989 donne la définition d'un additif alimentaire comme suit : "On entend par additif alimentaire toute substance habituellement non consommée comme aliment en soi, non utilisée comme ingrédient caractéristique dans l'alimentation, possédant ou non une valeur nutritive; son adjonction intentionnelle aux denrées alimentaires est faite dans un but technologique, au stade de leur fabrication, transformation, traitement, conditionnement, transport ou entreposage : "elle a pour effet de devenir elle-même, ou ses dérivés, un composant des denrées alimentaires" (Aissaoui, 2019).



Figure 8. les différents aliments à base des additifs alimentaire (Site 2).

II.2. Classification

La classification de l'Union Européenne (UE) a aujourd'hui, supplanté l'ancienne classification, ou même celle du "Codex Alimentaires». Elle classe les additifs en 24 catégories, ci-après désignées (Tableau 3).

Tableau 3. Classification des additifs alimentaires selon l'Union Européenne (Aissaoui, 2019).

01	Colorants	13	Amidons modifiés
02	Conservateurs	14	Educolorants
03	Anti- oxygènes	15	Poudre à lever
04	Emulsifiants	16	Anti moussants
05	Sel de fonte	17	Agents d'enrobage
06	Epaississant	18	Agents du traitement de la farine
07	Gélifiants	19	Affermissants
08	Stabilisants	20	Humectants
09	Exhausteurs de gout	21	Séquestrant
10	Acidifiants	22	Enzymes
11	Correcteurs d'acidité	23	Agents de charge
12	Antiagglomérants	24	Gazopulseurs et d'emballage

II.3. Les catégories d'additifs alimentaires

Il existe différentes catégories d'additifs alimentaires :

- **Les colorants** : ils modifient la couleur des denrées alimentaires pour ajouter ou rétablir la coloration d'un aliment et ainsi augmenter son attrait visuel pour le consommateur.
- **Les conservateurs**: ils limitent, ralentissent ou stoppent la croissance de microorganismes présents ou entrants dans l'aliment, et préviennent donc l'altération des produits ainsi que les intoxications alimentaires.
- **Les émulsifiants** : ils vont permettre de stabiliser une émulsion (on appelle émulsion le mélange plus ou moins stable de deux liquides normalement non miscibles) pendant une certaine période.
- **les antioxydants**: ce sont des protecteurs chimiques, c'est-à-dire des molécules qui s'opposent aux phénomènes de stress oxydant, évitant ou bloquant les réactions d'oxydation, le plus souvent en réagissant avec les radicaux libres oxygénés impliqués dans ces processus.

- **Les exhausteurs de goût** : ce sont des substances qui, sans avoir une saveur propre prononcée, ne modifient pas le goût mais augmentent l'intensité de la perception olfacto-gustative d'une denrée alimentaire.
- **Les édulcorants** : ce sont des composés synthétiques ou semi-synthétiques qui présentent un pouvoir sucrant supérieur à celui du sucre de table (saccharose), (**Becker et al., 2009**).



Figure 9. les catégories d'additifs alimentaires dans des différents types d'aliments (**Site 3**).

II.4. Les arômes

II.4.1 Définition

Une directive du ministre de commerce du 16 décembre 2008 publiée au Journal Officiel de la République Algérienne le 31.12.2008 donne la définition des arômes comme suit :

Les arômes sont utilisés pour améliorer ou modifier l'odeur et/ou le goût des aliments pour le bénéfice du consommateur. Les arômes et les ingrédients alimentaires possédant des propriétés aromatisants ne devraient être utilisés que s'ils honorent aux critères établis dans le présent règlement.

Ils doivent être d'un usage sûr; en conséquence, certains arômes doivent faire l'objet d'une évaluation des risques avant d'être autorisés pour l'alimentation humaine. Dans la mesure du possible, il convient d'examiner particulièrement si l'utilisation de certains arômes pourrait avoir des conséquences négatives pour certains groupes vulnérables.

L'utilisation d'arômes ne devrait pas induire le consommateur en erreur; en conséquence, leur présence dans les denrées alimentaires devrait toujours être indiquée par un étiquetage approprié.

Les arômes ne devraient notamment pas être utilisés afin d'induire le consommateur en erreur notamment en ce qui concerne la nature, la fraîcheur et la qualité des ingrédients utilisés, le caractère naturel d'un produit ou de son processus de fabrication ou la qualité nutritionnelle du produit. D'autres éléments pertinents, tels que des facteurs sociaux, économiques, traditionnels, éthiques et environnementaux, le principe de précaution ainsi que la faisabilité des contrôles, devraient également être pris en compte dans le cadre de l'autorisation des arômes.

II.4.2. Les agents d'aromatisation

II.4.2.1. Préparations aromatisants

Il s'agit d'agents d'aromatisation dont la composition est moins «pure» que pour les substances aromatiques. Il s'agit par exemple des huiles essentielles, jus concentrés (**norme AFNOR NF T 75-006**).

II.4.2.2 Substances aromatisants naturelles

Les substances aromatisants naturelles sont obtenues par des procédés physiques appropriés (à y compris la distillation et l'extraction au solvant) ou par des procédés enzymatiques ou microbiologiques à partir des mêmes matières premières que les préparations aromatisants (**Clarisse et al., 2006**).

II.4.2.3 Substances aromatisants identiques aux naturelles

Ces substances sont obtenues par synthèse chimique et sont identiques chimiquement à une substance présente naturellement dans une matière première d'origine végétale ou animale (**Clarisse et al, 2006**).

II.4.2.4 Substances aromatisants artificielles

La synthèse chimique a permis d'élaborer des structures n'existant pas dans la nature, ou non encore identifiées et pourtant dotées de caractéristiques organoleptiques: le cas le plus typique est celui de l'éthylvanilline. Ces substances sont obtenues par synthèse chimique et ne sont pas identiques chimiquement à une substance présente naturellement dans une matière première d'origine végétale ou animale (**Clarisse et al., 2006**).

II.5. Les conservateurs

II.5.1. Définition

Le conservateur est toute substance capable de s'opposer aux altérations d'origines chimiques ou microbiologiques. Les conservateurs sont réglementés sous la forme de listes positives et négatives. L'intégration d'un conservateur dans une liste et la détermination du seuil maximal d'utilisation se font selon deux critères principaux:

- l'intérêt technologique du conservateur;
- les interactions et impacts avec l'environnement proche (échanges contenus contenant, impact sur la santé du consommateur et sur l'environnement en général).

Les altérations peuvent être soit chimiques soit biologiques. Sont utilisés pour « lutter contre les altérations chimiques : antioxydants, anti-UV, anti ozonant, retardateur de flamm, biologiques : antifongiques, antibactériens. Certains additifs de conservation peuvent jouer le double rôle d'antimicrobien et d'anti-oxygène (**Pierre, 2012**).

II.5.2. Les types des conservateurs

Les substances utilisées peuvent être organiques (acides carboxyliques) ou minérales (nitrates, sulfites ou sels).

II.5.2.1. Les conservateurs organiques

On peut citer parmi les conservateurs organiques :

- L'acide sorbique et sorbates.
- L'acide benzoïque et benzoate .
- Les dérivés de l'acide hydrox benzoïque.

II.5.2.2. Les conservateurs minéraux

Pour ces conservateurs on dispose de la liste suivante :

- Les chlorures et les phosphates.
- Les nitrites et les nitrates.
- Anhydride sulfureux et sulfites.
- L'anhydride carbonique (**Pierre, 2012**).

II.6. Les antioxydants

Les antioxydants réduisent les réactions d'oxydation des matières grasses et des graisses alimentaires, les graisses alimentaires sont particulièrement exposées à des phénomènes d'oxydation au contact de l'oxygène de l'air. Ce sont des réactions en chaîne qui se déclenchent et s'accélèrent sous l'action de la lumière, de la chaleur et de certains métaux (cuivre, fer). Elles conduisent à la formation de composés qui peuvent être nocifs pour l'homme (peroxydes) et à des produits de dégradation d'odeur et de saveur désagréables (rancissement) (Aissaoui, 2019).

II.6.1. Définition

Les antioxydants sont des substances d'origine soit naturelle, soit synthétique, qui peuvent inactiver des composés initiaux ou intermédiaires de ces réactions d'oxydation, et ainsi éviter la formation des produits finaux nuisibles à la qualité de l'aliment. On distingue ainsi les antioxydants dits primaires, et les antioxydants à activité synergique, n'ayant pas eux-mêmes ce rôle, mais capables de renforcer l'action anti-oxygène d'autres additifs. On utilise généralement ensemble au moins deux antioxydants (par ex. gallate) ainsi qu'un composé à activité synergique (acide citrique). Les antioxydants présentent un avantage économique face à d'autres méthodes qui inhibent l'oxydation des matières grasses comme l'emballage sous vide et à l'abri de la lumière, ou le stockage à basse température (Aissaoui, 2019).

II.6.2. Principaux antioxydants primaires

On peut distinguer les antioxydants d'origine naturelle et ceux d'origine synthétique

II.6.2.1. Antioxydant d'origine naturelle

Antioxydants d'origine naturelle ce sont principalement l'acide ascorbique ou vitamine C(E 300) que l'on trouve abondamment dans les fruits et légumes, et les tocophérols présents naturellement dans les plantes oléagineuses et les céréales. Ces antioxydants ne sont pas adaptés à certains usages; ainsi dans l'huile à frire les tocophérols sont inactivés à haute température, et donc inutilisables.

II.6.2.2. Antioxydant d'origine synthétique

Certains Anti oxygènes de synthèse ont des propriétés leur permettant de répondre à ces exigences, ainsi on liste les composés phénoliques suivants :

- Les gallates : gallates de propyle, d'octyle et de dodécyle, ont été les premiers antioxydants synthétisés (brevet du propyle gallate comme antioxydant en 1942). Ces antioxydants ont l'inconvénient d'être peu stables à l'humidité, et de colorer en violet les produits contenant des traces de fer, phénomène que l'on atténue par addition d'un agent chélateur comme l'acide citrique.
- Le butylhydroxyanisole (BHA) et le butylhydroxytoluène (BHT) n'ont pas ces inconvénients, mais sont éliminés à haute température. D'autres substances ont une action antioxygène, mais également d'autres fonctions pour lesquelles elles sont principalement employées: anhydride sulfureux (E 220), sulfites (E 221 à 226), et lécithines (E 322). Des additifs sont ajoutés aux aliments afin de renforcer l'action antioxygène d'autres additifs : les principaux sont les acides lactiques (E 270), citrique (E 330) et orthophosphorique (E 338) et leurs sels de calcium, sodium et potassium (**Aissaoui, 2019**).

Chapitre III : Les huiles essentielles

III.1. Définition

Les huiles essentielles désignent les composants liquides, odorants et hautement volatiles des plantes. Elles sont obtenues à partir de toutes les parties de la plante (feuilles, graines, bourgeons, fleurs, écorces, racine et fruits), mais aussi, à partir des gommés qui s'écoulent du tronc des arbres et parfois des troncs même (**Kone, 2001**).

Les huiles essentielles ne sont pas des lipides et n'ont de commun avec les huiles fixes ou végétales que leur aspect physique et leur comportement apolaire. De plus, les huiles essentielles sont volatiles et solubles dans les solvants organiques polaires, à l'inverse des huiles fixes (**Bastien, 2008**).

Les huiles essentielles sont employées aussi bien pour leurs propriétés pharmacologiques qu'aromatiques, mais elles jouent aussi le rôle de conservateurs alimentaires (**Burt, 2004**).

III.2. Classification

On distingue deux types de classification des huiles essentielles (**Bekhechi et al., 2010**)

III.2.1. Selon la composition chimique

- les huiles essentielles hydrocarburées qui sont les plus nombreuses.
- les huiles essentielles oxygénées qui présentent toutes les huiles essentielles solides (HE du camphre).
- les huiles essentielles sulfurées retrouvées chez les Liliaceae et les Brassiaceae.

III.2.2. Selon la couleur de l'huile

- Les incolores qui sont dépourvues de résines et d'azulène.
- Les jaunes qui renferment des résines.
- Les bleues qui contiennent de l'azulène.
- Les jaunes, vert et vert-brun qui contiennent de l'azulène mais aussi d'autres colorants.

III.3. Mode d'action des huiles essentielles

Certaines huiles essentielles possèdent des effets antiseptiques (antibactériens et antifongiques) assez puissants. Elles agissent par lésions membranaires, par inhibition de la

croissance cellulaire, par inhibition de la sporulation et inhibition de la toxinogénèse (**Gabriel et al., 2013**). Les modes d'actions sont multiples:

- **Altérations membranaires :**

- les huiles essentielles sont constituées de molécules lipophiles capables de pénétrer la double couche phospholipidique, leur accumulation entre les phospholipides entraîne un changement de conformation et un mauvais fonctionnement de la membrane cellulaire, perturbant ainsi le transport membranaire des substances nutritives (**Burt, 2004**).

- les huiles essentielles peuvent perturber le gradient ionique de part et d'autre de la membrane cytoplasmique, bloquant la production de l'énergie cellulaire et diminuant la stabilité membranaire.

- **Inhibitions enzymatiques :**

les groupements fonctionnels des composés terpéniques (phénoliques et aldéhydiques) des huiles essentielles réagissent avec les enzymes membranaires et dégradent la membrane plasmique (**Giordani et al., 2006**).

III.4. Techniques d'extraction

Une fois la matière première végétale identifiée, il convient d'utiliser une méthode d'extraction adaptée pour son obtention. La neuvième édition de la Pharmacopée européenne indique que les huiles essentielles sont obtenues par :

- Hydrodistillation.
- Distillation sèche.
- Procédé mécanique sans chauffage.

Il existe cependant d'autres méthodes destinées à des utilisations dans d'autres domaines que la santé. De ce fait, à partir d'une même matière première végétale, une multitude d'extraits différents peuvent être réalisés, parmi lesquels on retrouve les huiles essentielles. Le schéma suivant (**Figure 10**) montre les principales possibilités d'extractions des composés aromatiques.

Il existe pour chacune de ces méthodes d'extraction de nombreuses variantes. À l'heure actuelle, la distillation reste la méthode de référence.

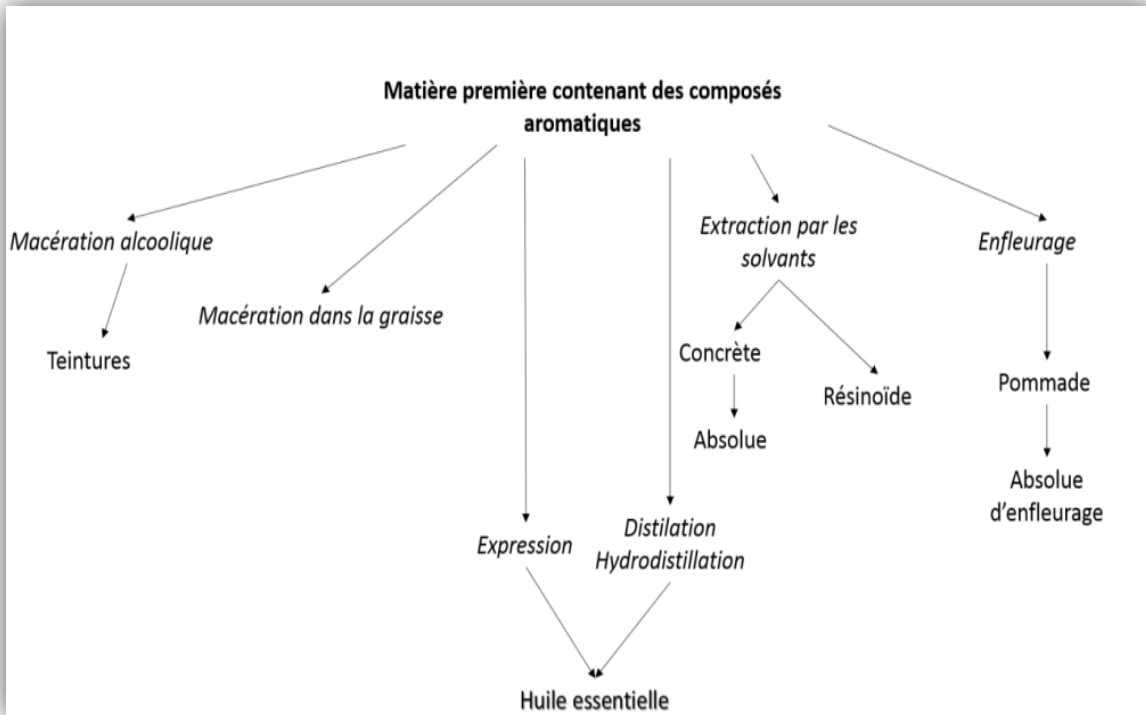


Figure 10. Différents extraits aromatiques obtenus à partir de matières végétales .

III.4.1. L'hydrodistillation

C'est la méthode la plus simple et la plus anciennement utilisée pour extraire les essences d'agrumes de la famille des Rutacées. Elle consiste à immerger directement le matériel végétale (intact ou broyé) dans un alambic rempli d'eau distillé, placé sur une source de la chaleur, le tout est ensuite porté à l'ébullition (brise les poches à essence). Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolysant par simple différence de densité (Bruneton, 1999).

La durée totale de l'extraction est estimée à 3h. Cependant, un chauffage prolongé et trop puissant engendre la dégradation de certaines molécules aromatique (Lucchesi, 2005).

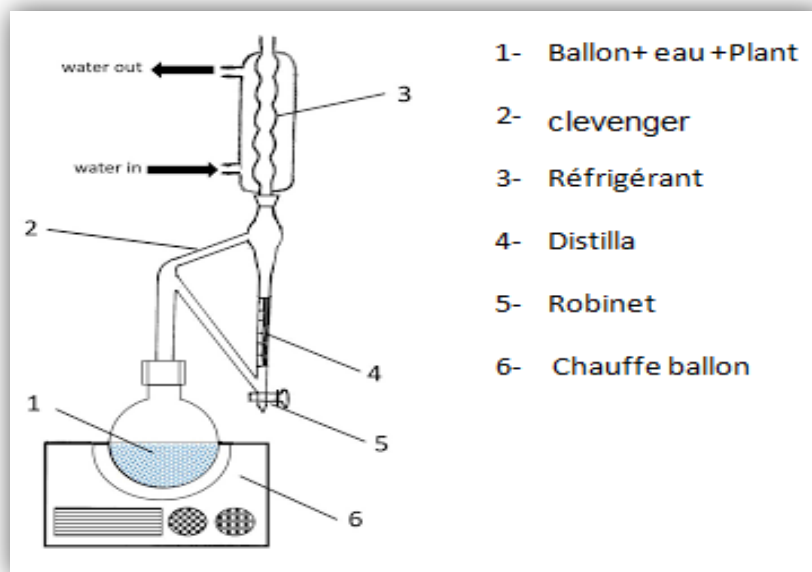


Figure 11. Hydrodistillation ou distillation type clevenger (Site 4)

III.5. Domaines d'utilisation des HE dans l'industrie agro-alimentaire

Les huiles essentielles sont utilisées dans l'industrie alimentaire pour rehausser le goût des aliments, et la conservation grâce aux effets antimicrobiens et antioxydants de certains de leurs constituants. Ces agents naturels viennent réduire ou remplacer les agents de conservation chimiques ou synthétiques qui présentent des effets néfastes sur la santé (**Bessah et Benyoussef, 2015**).

Les huiles essentielles sont très utilisées dans les arômes alimentaires, que ce soit dans le secteur des arômes sucrés ou salés. Dans le domaine des arômes salés, une place de choix revient évidemment aux huiles essentielles d'épices et d'aromate. Celles-ci sont également utilisées dans une moindre mesure dans le domaine des arômes sucrés, dans lequel les huiles essentielles d'agrumes sont largement représentées (**Fernandez et Chemat, 2012**).

III.6. Les Oranges (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck)

Les Agrumes appartiennent aux genres *Citrus*, *Fortunella* et *Poncirus*. Ces trois genres sont de la famille des « *Rutaceae* ». Le genre *Citrus* est celui qui renferme le plus d'espèces et de variétés d'agrumes commercialisées (**Praloran, 1971**).

D'après **Swingle in Praloran (1971)**, la position taxonomique des agrumes est la suivante :

- Classe : Dicotyledoneae
- Sous classe : Archichlonideae
- Ordre : Geraniales
- Famille : Rutaceae
- Sous famille : Aurantioideae
- Tribu : Citreae
- Sous tribu : Citrinae
- Genre : Citrus.



Figure 12. Oranger, *Citrus sinensis* sur tige (**Eden, 2013**).

III.7. Utilisation

Les oranges doivent être choisies en fonction de leur utilisation, il existe des variétés de bouche, comme les Navels, et des variétés à jus, comme les Valencias. Les oranges se conservent très bien à température ambiante, toutefois il est possible de les mettre dans le bac à légumes du réfrigérateur pour limiter leur déshydratation.

Les zestes, c'est-à-dire la partie extérieure de la peau de l'orange, sont également prélevés à l'aide d'un zester ou à défaut d'un économe. Ils contiennent des essences odorantes et des huiles essentielles. Celles-ci sont utilisées en alimentation, mais aussi en pharmacie et en parfumerie (**Anonyme, 2013**).

III.8. Composition chimique de l'HE d'oranges

Le Tableau ci-dessous indique l'identification de la composition chimique des huiles essentielles de l'orange par GC/MS .

Tableau 4. Composition chimique de l'HE d'orange.

N°	Composants	Teneur%
01	α -pinène	0.33
02	sabinene	0.25
03	β -pinène	1.15
04	limonene	95.45
05	δ -terpinene	0.44
06	3-carene	1.06
07	decanal	0.52
08	valencene	0.80

III.9. Le romarin

III.9.1. Description et systématique

Le romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) est une plante de la famille des lamiacées poussant à l'état spontané sur le pourtour méditerranéen. Elle se présente sous forme d'arbuste, sous arbrisseau ou herbacée, toujours vert à feuilles allongées et à fleurs bleu azur à mauve mesurant environ de 0,6 à 1,8m de hauteur (**Fadili et al., 2015**).

Le romarin tient son nom du latin, ros, de rosée, et marinus, de mer : allusion à son parfum, sa saveur piquante et à son habitat sur les coteaux maritimes (**Bousbia, 2011**). Sa taxonomie botanique est comme suit:

- Règne : *Plantae*
- Division : *Magnoliophyta*
- Classe : *Magnoliopsida*
- Ordre : *Lamiales*
- Famille : *Lamiaceae*
- Genre : *Rosmarinus*

- Espèce : *Rosmarinus officinalis* L. 1753
- Noms communs : romarin, encensier, herbe aux couronnes, rose des marins, rose de la mer, rose-marine
- Période de floraison: Février à Avril
- Couleur des fleurs: bleu / mauve
- Exposition: soleil
- Hauteur: 150 cm



Figure13. Photographie de *Rosmarinus Officinalis* en inflorescence
(Attoui et Berredjem, 2021).

III.9.2. Habitat et culture

Le romarin existe dans les régions arides et sèches, les collines et montagnes peu élevées et rocailleuses, sur terrains calcaires, schisteux et argileux (Gaussen et al., 1982). C'est une plante vivace, arbustive, originaire du bassin Méditerranéen et le sud-ouest de l'Asie, actuellement répandue un peu partout sous les climats tempérés qui connaissent des hivers doux. La plante aime le plein soleil et tolère modérément la sécheresse (Bousbia, 2011).

Il existe plusieurs espèces de romarin dans le monde: *R. officinallis*, *R. eriocalyx*, *R. laxiflorus* et *R. lavandulaceus*. *R. officinallis* est la seule espèce qui croît naturellement dans les pays du bassin méditerranéen, ainsi que dans les zones qui entourent l'Himalaya. Elle est cultivée en début du printemps jusqu'à l'été (Wichtl et Anton, 2003).

III.10. Composition chimique d'HE de romarin

L'HE du romarin est généralement obtenue par hydrodistillation ; elle est incolore ou légèrement jaune. Les composants majoritaires sont représentés dans le **Tableau 5** (Wollinger *et al.*, 2016).

Tableau 5. Composants principaux de l'HE des feuilles du romarin (Wollinger *et al.* 2016).

N°	Composé	Teneur %
1	1.8-cinéole	(15-30)%
2	Camphre	(10-25)%
3	α -pinène	(10-25)%
4	Borneol	(3-20)%
5	Camphène	(5-10)%
6	Acétate de bornyle	(1-5)%

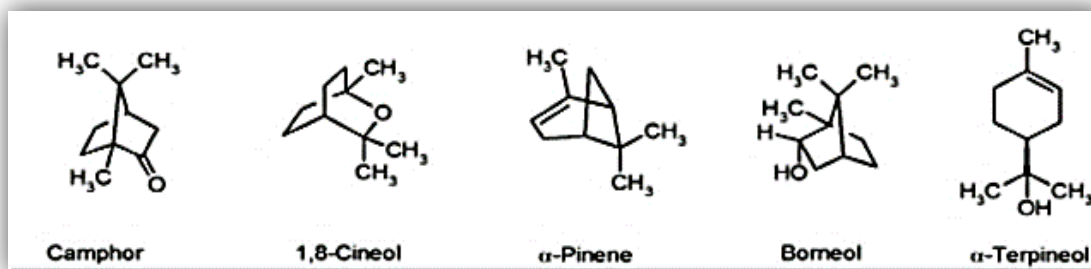


Figure 14. Les structures chimiques des composants de l'HE du romarin (Wollinger *et al.*, 2016).

III.11. Usages

III.11.1. Usage médicinal et traditionnel

Le romarin est une plante médicinale bien connue et considérablement évaluée, largement répandue dans les produits pharmaceutiques et la médecine traditionnelle. Il est connu pour ses propriétés anti-oxydantes, antimicrobiennes, analgésiques, anti-inflammatoires et antiulcérogènes (EL Kamli *et al.*, 2017). Ses parties aériennes sont utilisées par voie orale, dans la médecine traditionnelle, pour soulager les dysménorrhées et la colique rénale et comme antispasmodique (Gonzalez – Trujano *et al.*, 2007).

III.11.2. Usage alimentaire

Le romarin est utilisé dans les industries agro-alimentaires comme agent antioxydant et comme alternative aux additifs chimiques pour la préparation de la volaille, des fruits de mer, des saucisses ainsi que des soupes et chapelures (Bousbia, 2011). Il est également utilisé frais, séché, comme extrait ou comme huile essentielle, c'est un ingrédient souvent utilisé pour ajuster la saveur dans la cuisine et dans l'infusion de thé (Ribeiro-Santos, 2015).

III.12. Activité antioxydante

Contrairement à la plupart de ses activités biologiques, l'activité antioxydante du romarin est directement attribuable aux composés chimiques dans les huiles essentielles et extraits de plantes. Alors que les mécanismes synergiques entre de nombreux composants de l'huile contribuent probablement à cette activité, les diterpènes phénoliques tels que l'acide carnosique, le carnosol et l'acide rosmarinique ont été identifiés comme les plus puissants antioxydants présent dans l'huile essentielle de romarin (Yesil-Celiktas *et al* 2007 ;Faixová Z, Faix S 2008 ; Zaouali *et al* 2010).

Les constituants antioxydants les plus importants de cette espèce végétale sont l'acide carnosique, l'acide caféique et ses dérivés tels que l'acide rosmarinique (Figure 15), qui ont une activité antioxydante puissante (Moreno *et al.*, 2006).

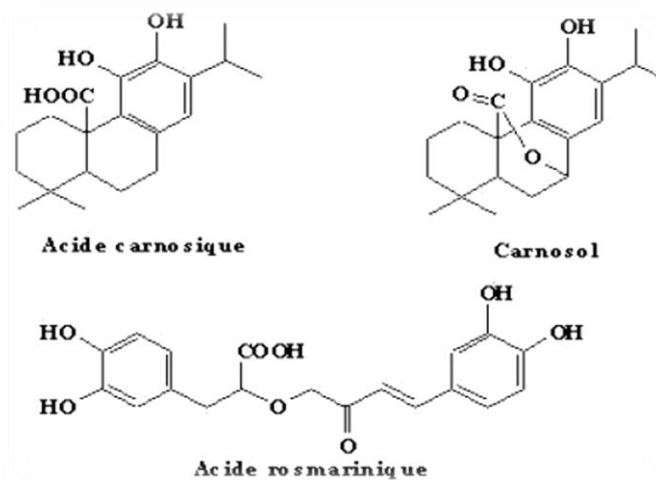


Figure 15. Les structures chimiques des principaux composants antioxydants des feuilles du romarin (Wollinger *et al.*, 2016).

Partie

Expérimentale

Matériel

et

Méthodes

IV.1. Lieux et durée du stage

Cette étude a été réalisée pendant la période de 15/03/2021 jusqu' 15/05/2021 au niveau du laboratoire central de la qualité dans l'entreprise HODNA Lait, spécialisée dans la fabrication de lait et des produits laitiers. Créée en 1999, HODNA-Lait est une société à responsabilité limitée (SARL) (**figure 16**), sise dans la zone industrielle du chef-lieu de la wilaya de M'sila, elle s'étale sur une superficie plus de 8 hectares. Elle comprend 6 ateliers de production (**tableau 6**), qui fonctionnent en régime continu (trois équipes × 8 heures).

Tableau 6. Présentation des ateliers et leurs capacités de production dans l'entreprise HODNA-Lait

Atelier	Création	Type de produit	Capacité (litres/jour)	Effectif (personnes)
01	Octobre 1999	Lait pasteurisé, l'ben et raib en coussin plastique	220000	80
02	Septembre 2004	Produits lacto-fermentés et desserts lactés	200000	240
03	Février 2010	Produits lacto-fermentés	95000	40
		Fromage frais		
		Produits desserts lactés		
04	Août 2010	Yaourt à boire aromatisé et fruité	200000	30
		L'ben		
		Raib		
05	Avril 2013	Lait UHT et lait UHT aromatisé en Tetra-BriK de 01 litre	200000	51
		Beurre en carton de 20kg		
		Beurre en barquette de 250gr		
06	Janvier 2014	Crème dessert	70000	60
		Flan au caramel de nappage		



Figure 16. société HODNA lait (Attoui et Berredgem, 2021).

IV.2. Matériel biologique

IV.2. 1. Matériel végétal

Le romarin (*Rosmarinus officinalis*) a été récolté au mois de Mars 2021, en floraison, dans la région nord de "Souk Ahras". L'orange (*Citrus sinensis*), variété Eurêka, achetée au marché local d'El Tarf; initialement on a collecté du zeste d'orange afin d'en extraire l'huile essentielle. Par la suite, les HE sont utilisées comme agent aromatisant et conservateur dans le beurre fabriqué à l'échelle industrielle à la laiterie HODNA lait (Msila).

IV.2.1.1. Extraction des huiles essentielles par hydrodistillation

L'extraction des huiles essentielles a été effectuée par hydro-distillation dans un appareil de type Clevenger (**Figure 17**), au niveau du Laboratoire de la Faculté des Sciences de la Nature et de Vie de l'université Chadli Benjdid El-Tarf. Le principe de l'hydrodistillation consiste à submerger une quantité de matière végétale (100g) dans un ballon d'eau distillée. Le tout est porté à ébullition pendant 2 heures. L'huile obtenue est récupérée et conservée dans des flacons en verre fumé (sombres). Le rendement en huiles essentielles (volume en ml) est déterminé par rapport à 100 g de la matière végétale (**Laghchimi et al., 2014**). Les flacons sont ensuite bien scellés et conservés à une température de -4 °C jusqu'à l'utilisation.



Figure 17. Extraction des huiles essentielles de romarin et d'orange
(Atoui et Berredjem, 2021).

IV.2.1.2. Calcul du rendement d'extraction

Selon la norme **AFNOR (1986)**, le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue après extraction et la masse de la matière végétale utilisée. Le rendement exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$\text{RHE (\%)} = \text{M1/M2} \times 100$$

Où: **RHE**: rendement en huiles essentielles en (g).

M1: masse des huiles essentielles en (g).

M2 : masse d'échantillon en (g)

IV.2.2. Lait de vache

IV.2.2.1. Echantillonnage de lait de vache cru:

a- Collection

Le lait de vache est collecté à partir des vaches saines dans plusieurs fermes à travers plusieurs états (Boussaâda, Bordj Bouariridj, Constantine, Sétif, Batna, Etc.), après avoir été inspecté par un technicien de qualité, le lait transporté vers la laiterie dans des citernes en inox propres (**Annexe 13**).

b- Réception

A l'arrivée des citernes de lait collecté, il est inspecté par l'ingénieur de qualité avec les analyses suivantes:

✓ **Analyses physicochimiques**

Les analyses physicochimiques du lait cru sont effectuées selon le tableau suivant:

Tableau 7. Analyses physico-chimiques du lait réceptionné (**Berredjem et Attoui, 2021**).

Paramètre	Méthode et appareillage
Ph	le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre, après étalonnage aux pH 7,02 et 4,00 par trempage du pH mètre dans un petit volume de lait prélevé dans un Becher (Annexe 3).
Température	La température du lait est mesurée à l'aide d'un thermomètre.
Densité + Teneur en protéines+ Extrait sec total	mesurée par l'appareil Lacto-Scan SP. (Annexe 1)
Acidité	L'acidité titrable est mesurée par titrage avec du NaOH à 1 N en présence de phénophtaléine et est exprimée en pourcentage d'acide lactique (AFNOR, 1980). (Annexe 4)
Teneur en matière grasse	La teneur en matière grasse est déterminée par la méthode acido-butyrométrique de Gerber (AFNOR, 1983), qui consiste en l'ajout de l'acide sulfurique dans le lait et séparation par centrifugation en présence d'alcooliso-amylque de la matière grasse libérée (AFNOR, 1991). Le Lacto-Scan SP peut être également utilisé. (Figure 18)

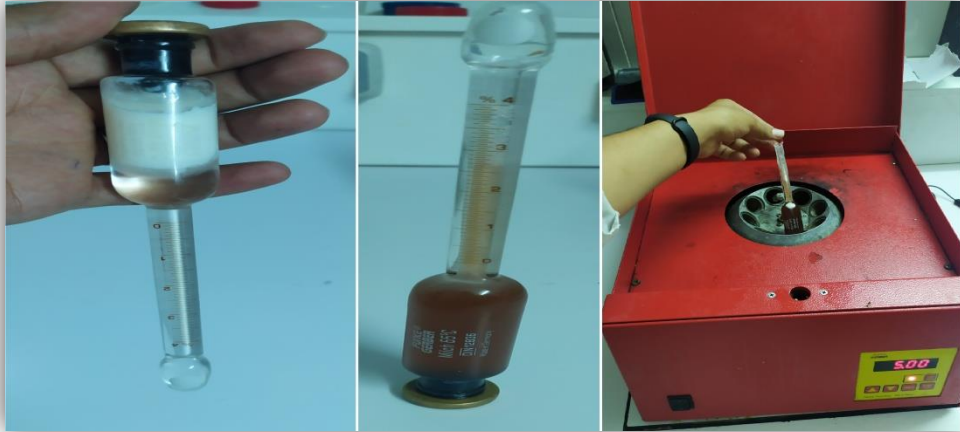


Figure 18. Détermination de la teneur en matière grasse du lait selon la méthode de Gerber (Attoui et Berredjem, 2021).

✓ Recherche d'antibiotiques

La présence d'antibiotiques dans le lait crée plusieurs problèmes sur la préparation des produits laitiers notamment dans l'activité des ferments lactique. L'appareil **MilkSafe™ 3BTC Mini-incubateur** a servi à la détection des antibiotiques, Son mode opératoire en (figure 19). Il détecte les β -lactamines, Céfalexine, Ceftiofur, Tetracycline.



Figure 19. Recherche des antibiotiques (Attoui et Berredjem, 2021).

✓ Analyse microbiologique du lait

L'étude microbiologique permet de caractériser et de mieux contrôler les quatre principaux groupes de microorganisme présents dans l'environnement alimentaire et laitier (virus, bactéries, levures, moisissures) (Leclercq H, 1969).

Pour chaque prélèvement (**Figure 20**), 10 ml d'échantillon à analyser ont été ajoutés dans un Erlenmeyer à 90 ml d'eau physiologique stérile. On obtient ainsi une dilution mère de 10^{-1} à partir de laquelle on réalise des dilutions décimales jusqu'à 10^{-7} . Après l'ensemencement de ces solutions mères dans les milieux de culture.



Figure 20. Echantillons de lait pour l'analyse microbiologique (Attoui et Berredjem, 2021).

c- Pompage et filtration

Après la confirmation sur les analyse de lait par l'ingénieur de qualité; le lait filtré avec un diamètre (\varnothing :2mm) pour éliminer toutes les impuretés et passe sur un bac puis pompe vers les tanks de stockage (**Annexe 14**).

d- Refroidissement et stockage

Le lait qui acheminé vers les tanks de stockage passant sur un refroidisseur à plaque puis stocké dans (3) cuves en inox isothermes avec un capacité de 16000 L(x3) (**Annexe 15 et 16**).

IV.3.2. Les ferments lactiques

Dans cette étude est pour élaborer le beurre nous avons utilisé les ferments lactiques mésophiles congelés ou lyophilisés (**probat 222**); composition (*Lactococcus lactis subsp. Lactis - Lactococcus lactis sub sp. cremoris - Lactococcus lactis sub sp. lactis Biovar. Diacetylactis – Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris*) cette culture est idéale pour le beurre. En raison de sa fermentation rapide au citrate. (**Figure 21**).



Figure 21. Le ferment lactique utilisé pour la maturation biologique de crème (Attoui et Berredgem, 2021).

La culture forme un arôme moyen (diacétyle) et très rapide CO_2 (production de gaz), il est également connu sous le nom d'Arôme B ou Flora Danica. Le stockage de cette ferment lactique sera 12 mois après la date de production à des températures inférieure à -45°C .

IV.3.3. Elaboration de beurre

IV.3.3.1. Ecrémage

Après le stockage, le lait pompé vers "LACTA LAIT " pour un préchauffage de 45°C , puis le lait passe dans un séparateur ou écrémeuse portée à une vitesse de 6000 tr/min avec un débit ajusté selon le taux de matière grasse désiré dans la crème. Le taux de séparation des globules gras de la phase aqueuse est réglable grâce à des vices macro et micrométriques qui déterminent la pression et le débit à l'intérieur de l'écérémeuse, à la fin de cette étape, une crème à 42% de matière grasse et un lait écrémé sont produits (Figure 5 et 22).



Figure 22. Séparateur crème avec ses paramètres (Attoui et Berredgem, 2021).

IV.3.3.2. Pasteurisation

La crème subit un traitement thermique (90-95°C) pendant une minute. La pasteurisation (Figure 23) vise la destruction totale des germes pathogènes et la majorité des germes d'altération présents dans la crème. Un refroidissement rapide effectué à une température entre 4° et 8°C. Ceci représente la température de la maturation physique ou la cristallisation.



Figure 23. Pasteurisateur de crème (Attoui et Berredgem, 2021).

IV.3.3.3. Maturation physique (cristallisation)

Après la pasteurisation le crème stocker (sans agitation) dans les tanks avec une température entre 5 à 8°C pendant 4 H pour favoriser la cristallisation de la matière grasse et conférer au beurre la consistance désirée (Figure 24).



Figure 24. Crème en maturation physique au niveau du tank (Attoui et Berredgem, 2021).

IV.3.3.4. Maturation biologique

Après 4 H de cristallisation la crème a été chouffé doucement avec une faible agitation jusque atinte la température 17C° et ensemencher avec une préparation de bactéries lactiques (**probat 222**) et à laisser se développer pour produit l'acide lactique qui abaisse le pH de la crème jusque 5,80 et donner l'arome de beurre (goût de noisette du beurre).

IV.3.3.5. Transformation de la crème en beurre

Après le pH de crème atinte 5,80 ; lancé un refroidissement rapide jusque 12C° pour ralentir la maturation biologique et débuter l'étape de barattage. Le barattage consiste à agglomérer les petits globules de matière grasse contenus dans la crème concentrée du lait, par un mouvement mécanique des vis à propulsion ou des agitateurs a l'utilisation de" butyrateur CONTIMAB". On termine la fabrication par un malaxage en continu (**Figure 25**). le beurre est ensuite stocké de manière temporaire avant le conditionnement dans le tank silo qui est directement relié au butyrateur (**Annexe 17**).

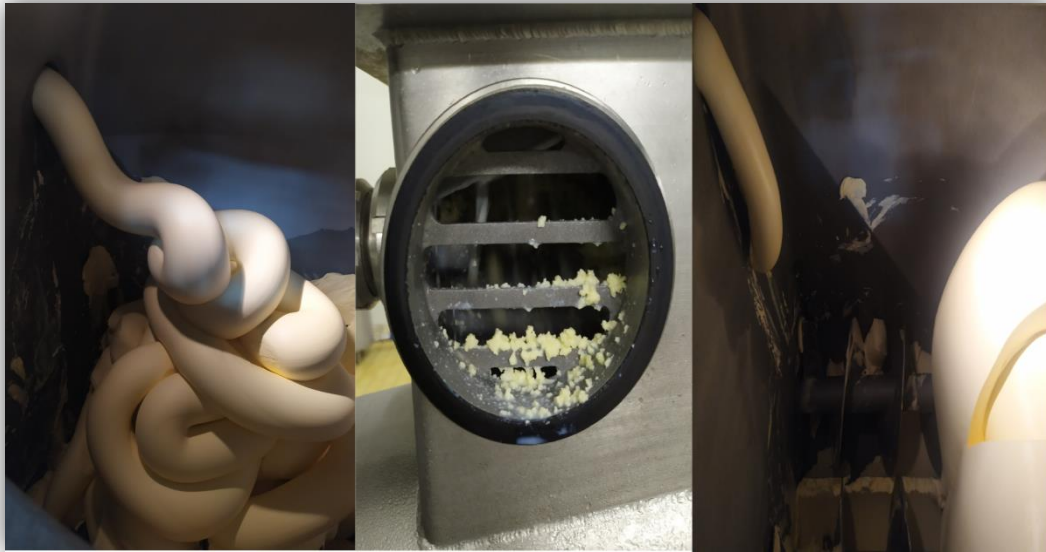


Figure 25. barattage, malaxage et stockage du beurre dans le silo
(Attoui et Berredgem, 2021).

IV.3.3.6. Prélèvement et échantillonnage

Le prélèvement est une opération qui demande un grand soin pour émettre un jugement sur la valeur des échantillons. Les prélèvements de beurre (**Figure 26**) pour faire cette étude sont réalisés comme suit: 04 échantillons (un échantillon chaque 1/4 heure) afin d'en choisir le meilleur.



Figure 26. Prélèvement des échantillons et l'analyse de l'humidité
(Attoui et Berredgem, 2021).

IV.3.3.7. Stockage à froid

Le beurre est stocké dans la chambre froide entre 4° et 6°C. Le froid est un bon agent de stabilisation des produits alimentaires, de plus, la température contrôle la vitesse d'apparition des propriétés physiques (aspect, couleur, texture) et organoleptiques (goût, flaveur).

IV.4. Préparation du beurre incorporé

Dans une salle aseptique sous la hotte (**Annexe 5**), à l'aide d'une micropipette graduée on a ajout des différentes concentrations des huiles sur des flacons contenant 100 g de beurre (**Figure 27**) (**tableau8**).



Figure 27. Préparation de beurre incorporé sous la hotte stérile
(Attoui et Berredgem, 2021).

La composition des mélanges sont mentionné au tableau suivant :

Tableau 8. Tableau récapitulatif de la composition des 05 mélanges formulés à l'échelle laboratoire

Mélange	Composition
Témoin	100 g de Beurre
BR₁	100 g de beurre + 50 µl huile de Romarin
BR₂	100 g de beurre + 100 µl huile de Romarin
BO₁	100 g de beurre + 50 µl huile d'orange
BO₂	100 g de beurre + 100 µl huile d'orange

IV.4.1. Composition Chimique

✓ l'utilisation de Food Scan™ - FOSS

Une boîte de Pétri est remplie de beurre puis introduite dans l'analyseur Food Scan™ - FOSS : Cette analyse comprend les mesures du taux de la matière grasse, de l'humidité, de l'extrait sec total, de l'extrait sec dégraissé et du taux de sel (**Figure 28**) (**Annexe12**).



Figure 28. Détermination de la composition chimique à l'utilisation de Food Scan™ - FOSS (**Attoui et Berredjem, 2021**).

✓ L'indice de réfraction et le brix

Cette technique consiste à déposer une goutte d'échantillon sur la surface du prisme du réfractomètre puis baisser le deuxième sur la première. La limite de séparation entre la zone claire et la zone obscure soluble contenue dans l'échantillon. Le résultat obtenu est exprimé en degré Brix (**Roussos et al., 2011**) (**Figure 29**).



Figure 29. Réfractomètre (**Attoui et Berredjem, 2021**).

IV.4.2. Analyse physicochimique

IV.4.2.1. Analyse physique

✓ Le point de fusion (NE. 1. 2.91, 1988)

• Principe:

Il est basé sur le passage de la matière grasse de l'état solide à l'état liquide sous l'effet de la chaleur, à une certaine température (maximum 37°C).

• Mode opératoire

Après avoir fait fondre une quantité de 2 ml du beurre, on obtient un beurre qui est filtré puis introduit dans deux tubes capillaires en verre sur une hauteur de 1 cm, les refroidir au réfrigérateur (8 à 10 min), après on fixe les deux capillaires à l'aide d'une pince en bois, la pince est suspendue sur les côtés du bécher et les deux capillaires sont immergés dans l'eau distillée, ensuite le milieu est chauffé lentement (0.5°C/min) dans un bain Marie. On observe attentivement et on note la température à laquelle les colonnes d'huile commencent à remonter dans les tubes.

IV.4.2.2. Analyse chimique

✓ Détermination la matière grasse

• Principe

La méthode de **ROEDER** est une technique de référence, son principe est basé sur la séparation de la matière grasse du beurre par centrifugation dans un butyromètre, où l'acide sulfurique dissout tous les constituants du beurre à l'exception des matières grasses. L'alcool iso-amylque agit comme séparateur de phase (**Figure 30**).

• Mode opératoire

- On pèse 5 g de beurre dans le récipient en verre se trouvant dans le bouchon et déposés dans le butyromètre. On ajoute l'acide sulfurique (densité: 1,522 ±0,005 g/ml) par l'ouverture supérieure du butyromètre jusqu'au-dessus du bord du récipient en verre. On ferme le butyromètre et on agite énergiquement à plusieurs reprises jusqu'à dissolution complète de l'albumine et on place dans un bain-Marie à 70°C.

- Par la suite, on ajoute de l'acide sulfurique jusqu'à hauteur du début de l'échelle et 1 ml d'alcool amylique. On agite le butyromètre et placer au bain-marie pendant 5 min (à 70°C), suivi d'une centrifugation à de 5 min avec un température 65°C à l'aide d'une centrifugeuse

GERBER. La température au bain-Marie doit être à 65°C (env.5 min) et on lit à l'extrémité inférieure du ménisque.



Figure 30. Détermination matière grasse du beurre (Attoui et Berredgem, 2021).

✓ pH (AFNOR, 1982)

Le pH est déterminé directement en utilisant un pH-mètre électronique de type INOLAB730 (Annexe 3), qui affiche la valeur sur son écran après avoir plongé son électrode dans le flacon contenant l'échantillon de beurre. La mesure est effectuée à 16 °C (Figure 31).



Figure 31. Mesure de pH à l'aide de pH-mètre (Attoui et Berredgem, 2021).

✓ Détermination de l'acidité et de l'indice d'acide (NA.273/2012)

L'acidité : est une expression conventionnelle du pourcentage d'acides gras libres. Dans le cas du beurre elle est exprimée en pourcentage d'acide oléique.

L'Indice d'acide : est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire pour neutraliser les acides gras libres dans 1 g de corps gras.

- **Mode opératoire**

On fait fondre un échantillon de 10g dans un Erlenmeyer, ajouter 50 ml d'éthanol et 5 à 6 gouttes de phénolphthaléine, on titre avec une solution d'hydroxyde de potassium (KOH 0,1 N) jusqu'au virage de la couleur au rose (**Figure 32**).

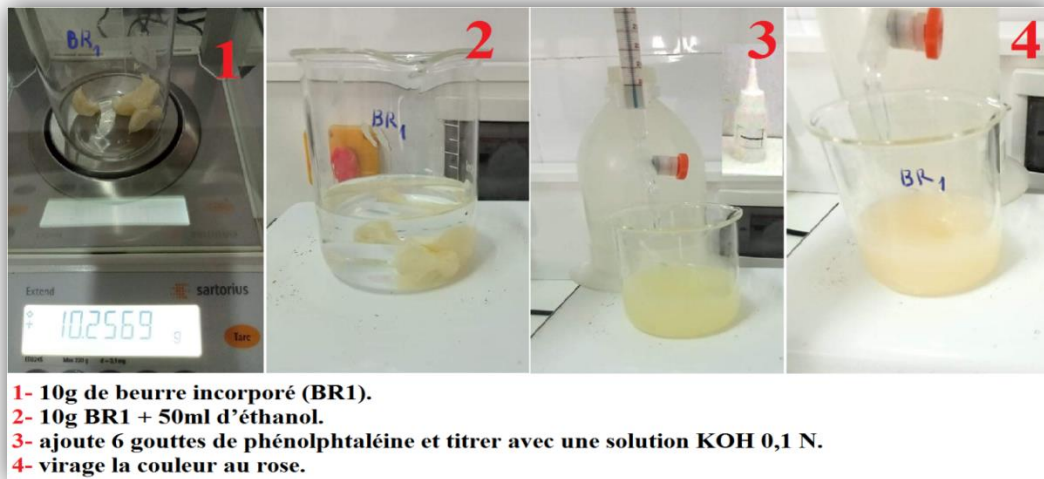


Figure 32. Détermination de l'acidité et de l'indice d'acide
 (Attoui et Berredjem, 2021).

- **Expression des résultats**

✓ L'**acidité** est exprimée en pourcentage et elle est égale à

$$\text{Acidité (\%)} = V \times C_{\text{KOH}} \times M_{\text{Ac.oleique}} / m * 10$$

✓ L'**indice d'acide** peut être calculer de deux façons

$$\text{Indice d'acide} = 56,1 \times V \times C / m$$

Où : $M_{\text{Ac. oleique}} = 282 \text{ g/mol}$

$C_{\text{KOH}} = 56,1 \text{ g/mol}$

V: est le volume en millilitres de la solution titrée d'hydroxyde de potassium utilisée

m: est la masse en gramme de la prise d'essai.

✓ **Indice de peroxyde** (NA. 274 , 1998)

• Principe

Le produit est mis en solution dans un mélange chloroforme/acide acétique, et une solution d'iodure de potassium est ajoutée. L'iodure libéré est titré par une solution de thiosulfate de sodium en présence d'empois d'amidon comme indicateur.

• Mode opératoire

On pèse 2 g de la matière grasse dans un Erlenmeyer. On ajoute 25 ml de (chloroforme d'acide acétique) ; 0,5ml de la solution d'iodure de potassium. On bouche aussitôt le flacon qu'on agite durant 1min et qu'on laisse à l'abri de la lumière 1 minute, à une température comprise entre 15 et 25°C. Ensuite, on ajoute 75ml d'eau distillée (afin d'arrêter la réaction). On ajoute 20 ml de solution d'amidon comme indicateur coloré. On titre à l'aide de la solution de thiosulfate de sodium à 0,01N. On lit sur la burette la chute de niveau correspondante. On effectue un essai à blanc.

• Expression des résultats

L'indice de peroxyde, exprimé en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme d'échantillon, est égal à :

$$\text{I.P} = \frac{V_1 - V_0}{m \times T} \times 100$$

I.P : Indice de peroxyde ;

V₁: Volume en millilitres de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour la détermination.

V₀ : Volume en millilitres de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc.

IV.5. Evaluation de la stabilité du beurre durant le stockage

On doit suivre l'évolution des échantillons de beurre incorporés à 4°C pendant 3 mois (DLC), des prélèvements ont été effectués chaque mois pour l'analyse des paramètres suivant (pH, acidité, indice de peroxyde).

IV.6. Analyses microbiologiques

IV.6.1. Préparation des échantillons

On pèse 50g d'échantillon, on ajoute 42 ml de la solution Ringer (de solution à 2% de phosphate di-potassique, pH $7,5 \pm 0,1$ stérile et solution de tréphone sel), qu'on met au bain-Marie ou étuve pour quelques minutes. Les dilutions et les ensemencements seront réalisés à partir de la phase aqueuse de la solution mère (**Figure 33**).



Figure 33. Préparation des échantillons pour les analyses microbiologiques du beurre (Attoui et Berredgem, 2021).

IV.6.2. Les germes recherchés

Le J.O.R.A de 2017, exige la recherche de quatre germes dans le beurre cru, qui sont : *Escherichia Coli*, *Staphylococcus aureus*, levures et les moisissures, la flore totale aérobie mésophile (FTAM). A partir de la solution mère, 1 ml est ensemencé en profondeur dans les milieux suivants (**Figure 34**).

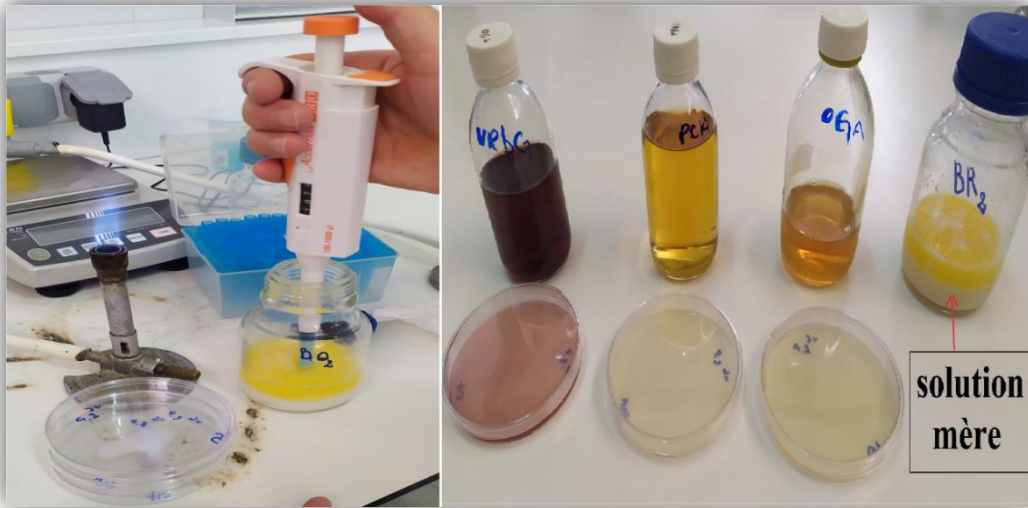


Figure 34. Ensemencement de la solution mère dans les milieux de culture (Attoui et Berredgem, 2021).

a. Recherche d'*Escherichia. coli*

Cette méthode consiste à rechercher et à dénombrer *Escherichia coli*, au moyen de la technique d'ensemencement d'un milieu solide sélectif pour les entérobactéries. Le mode opératoire et le dénombrement dans la recherche d'*Escherichia. coli* sont illustrés dans la Figure 35.

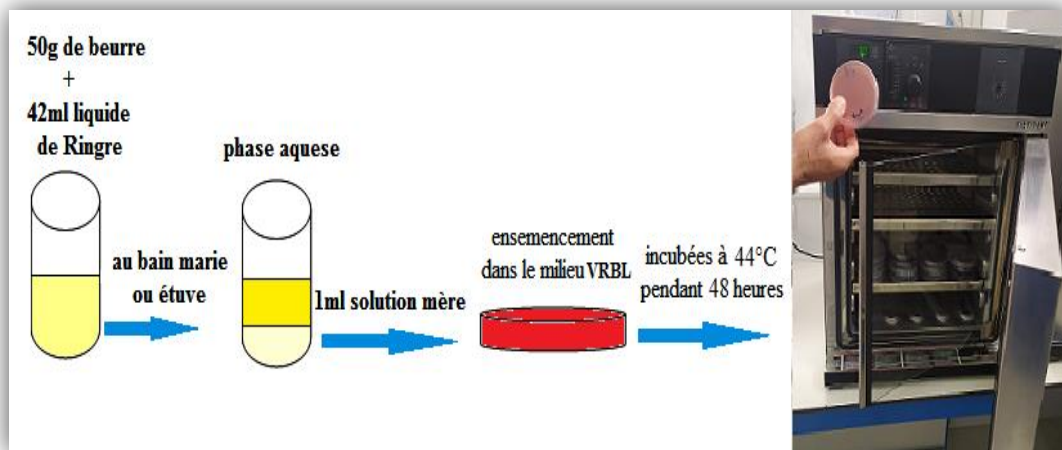


Figure 35. Méthode de recherche *Escherichia. coli* (Attoui et Berredgem, 2021).

b. Recherche des *Staphylococcus aureus*

Le milieu de culture utilisé est la gélose Baird Parker, (E.T.G.P.A). Pour ce faire, on coule le milieu complet à raison de 15 ml à 20 ml dans des boîtes de Pétri de 90 mm ou 100

mm de diamètre respectivement. Après solidification, on fait sécher les boîtes retournées, couvercle entrouvert dans une étuve entre 45 °C et 55 °C pendant 30 min. (ou à température ambiante pendant 2 heures). Pour les boîtes de Pétri de 140 mm, couler 28 ml gélose Baird Parker.

Ensemencement

On distribue 1 ml de la phase aqueuse à la surface de la gélose Baird Parker d'une boîte de Pétri de 140 mm, ou de 3 boîtes de Pétri de 90 mm à 100 mm sous forme de 3 fractions sensiblement égales, puis étaler sans tarder à l'aide d'un étaleur en verre stérile. Laisser imprégner pendant 15 minutes à température ambiante. Mettre à incuber à 37° C pendant 24 h. et 48 heures. (Figure 36).

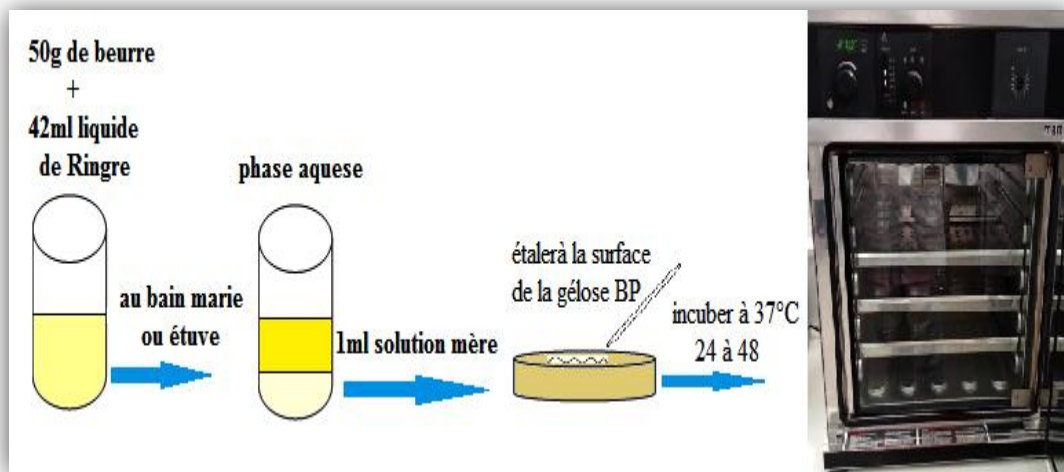


Figure 36. Recherche des *Staphylococcus aureus* (Attoui et Berredgem, 2021).

c. Dénombrement de la flore fongique

La flore fongique comprend les levures et les moisissures. Son dénombrement est réalisé par ensemencement dans la masse de 1mL de solution mère de la gélose à l'oxytétracycline-glucose (OGA), avec ajout de 20mL/L d'oxytétracycline à 5mg/ml. Les boîtes sont incubées pendant 5 jours à 25°C. La première lecture est faite au bout de 3 jours et le nombre des colonies est noté (Figure 37).

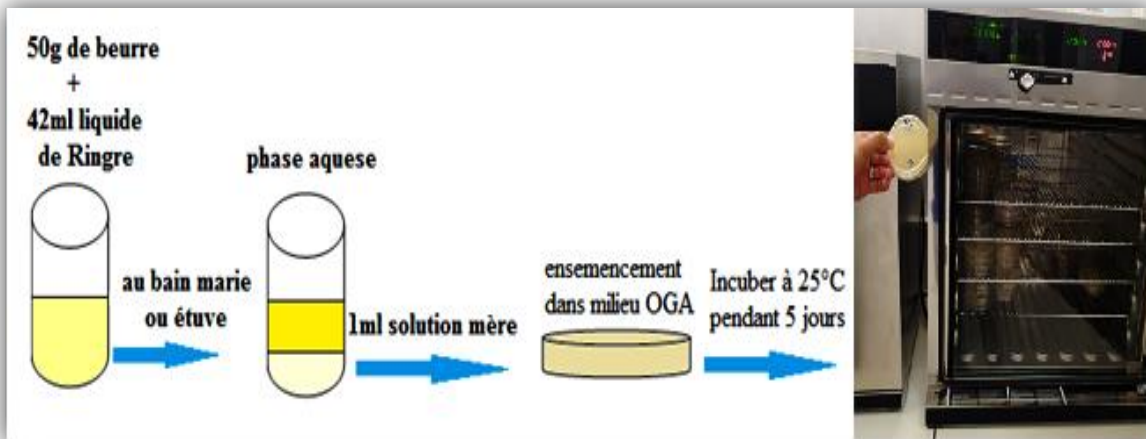


Figure 37. Dénombrement de la flore fongique (Attoui et Berredgem, 2021).

d. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)

Le dénombrement de cette flore reflète la qualité microbiologique générale du beurre et peut donner une indication sur l'état de sa fraîcheur ou de son altération. Un volume de 1mL de solution mère est ensemencé dans la masse d'une gélose *Plate Count Agar* (PCA). Les cultures sont incubées à 30°C pendant 72 heures. Le résultat s'exprime en unités formant colonies (UFC)/mL (Lebres *et al.*, 2002) (**Figure 38**).

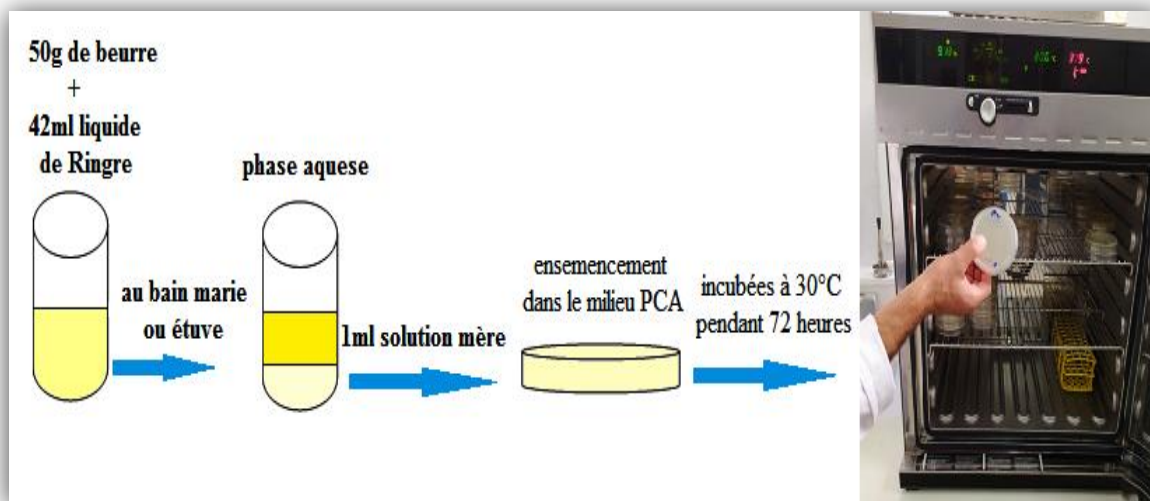


Figure 38. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)
(Attoui et Berredgem, 2021).

IV.7. Analyse sensorielle**IV.7.1. Mode opératoire**

L'analyse sensorielle a été effectuée sur trois échantillons de beurre, dont un témoin (sans l'huile essentielle), et les deux échantillons aromatisés par l'huile essentielle de romarin (*Rosmarinus officinalis*) et d'orange (*Citrus sinensis*). Afin de réaliser des profils sensoriels, le panel de dégustateur est constitué des enseignants et des étudiants de l'université Chadli Bendjedid El-Tarf.

IV.7.2. Les propriétés organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques sont essentiellement :

- L'apparence (couleur, aspect et forme) révélée par la vision.
- La flaveur (arome, saveur) révélée par l'odorat et le gout.
- La texture (résistance, consistance et dureté) révélée par le toucher.
- Questionnaire (**Annexe V**).

Résultats



et

Discussion

V.1. Résultats des extractions des huiles essentielles

Les rendements en HE d'orange et de romarin et leurs caractères organoleptiques sont notés dans le **tableau 09**.

Tableau 09. Rendements des HE et caractéristiques organoleptiques

HE	Partie utilisé	Propriétés organoleptiques				Rendement %	Figures
		Aspect	Couleur	Odeur	Saveur		
orange	écorce	Liquide fluide et mobile	Jaune très pale a transparent	fraiche	Fortement piquante	0.85±0.003	
romarin	feuille et fleurs	Liquide limpide	Presque incolore à jaune pale	camphrée	piquante	0.82±0.002	

Les caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle extraite sont en accord avec ceux fixés par les normes (AFNOR, 1999). D'après le tableau ci-dessus, on remarque que les rendements en HE sont variables selon les espèces. En général, nous avons obtenu de bons rendements en HE. Les extraits des zestes d'orange ont exhibés des rendements plus importants par rapport à l'extrait de romarin.

V.2. Analyses sur le lait cru

V.2.1. Analyses physicochimiques

La qualité physicochimique et microbiologique du lait joue un rôle important sur l'efficacité à la transformation en crème, ou en beurre. Les résultats de l'analyse physicochimique du lait cru par l'analyseur infra-rouge et manuelle sont présentés dans le **tableau 10**.

Tableau 10. Résultats des analyses physicochimiques du lait cru

Paramètres	Valeur	JORA n°069 du 27-10-1993
PH	6,62	/
Acidité (°D)	17	16 à 18
Densité (g/cm³)	1028,85	1030 à 1034
EST (%)	11,31	/
MG (%)	3,34	3,4 au minimum
Protéine (%)	2,99	/
Caséine (%)	2,4	/
Lactose (%)	4,19	/
Point de coagulation (°C)	- 0,48	/

► La valeur moyenne du pH du lait cru enregistrée (6,62) corrobore à celles mentionnées par d'autres auteurs qui sont de 6,6 et 6,8 à 20°C (**Kailasapathy et al., 2011; Sharma, 2006**) Généralement, le pH a tendance encore à diminuer avec le stockage du lait.

► L'acidité est parmi les principaux paramètres qui déterminent la qualité du lait cru. La valeur trouvée est de $17 \pm 0,5^\circ\text{D}$. Elle est conforme à celle recommandée par la norme Algérienne. Le pH et l'acidité dépendent de la teneur en sels minéraux et en ions, des conditions hygiéniques lors de la traite, de la microflore et de son activité (**Amiot et al., 2010**).

► En parlant de la valeur moyenne de la densité du lait cru, elle est comprise dans l'intervalle des valeurs recommandées par la norme Algérienne. La densité dépend,

principalement, de la teneur en matière sèche qui est liée fortement à la fréquence de l'abreuvement (Siboukeur, 2007).

► Pour l'extrait sec total du lait (EST), la valeur est comparable à celles rapportées par plusieurs auteurs (10,5 – 14,5%) (Kailasapathy *et al.*, 2008; Chandan *et al.*, 2006 ; ; Vignola *et al.*, 2002).

► En parlant de la valeur en protéines, elle est dans la fourchette de 3 à 5% (Kailasapathy *et al.*, 2011; Sandholm et Saarela, 2003).

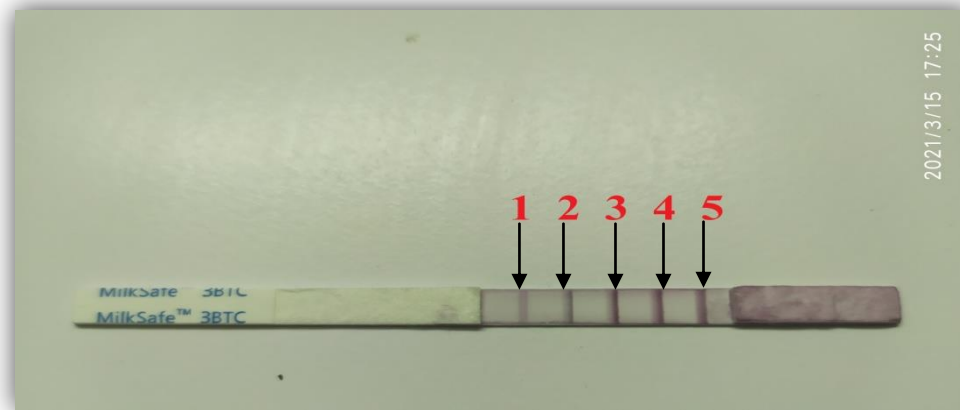
► En ce qui concerne le lactose, qui est le principal sucre présent dans le lait, il est dans l'intervalle de 40-50g/L, une teneur normale pour un lait cru alors que la valeur de la caséine est légèrement inférieure à celles de nombreux auteurs (2,5 à 2,7%) (Kailasapathy *et al.*, 2011; Sandholm et Saarela, 2003).

► Les composants dissouts de lait tels que le lactose et le sel soluble confèrent un point de coagulation de - 0,48 °C, inférieur à celui de l'eau pure. La valeur moyenne obtenue est en accord avec celles de Kailasapathy *et al.* (2011). Il permet de contrôler si le lait de vache a été dilué avec de l'eau ou pas (Chandan *et al.*, 2008).

► Quant à la valeur la plus importante dans cette étude, qui est la teneur moyenne en matière grasse (MG), le résultats obtenu est dans l'intervalle des valeurs données par Amiot *et al.* (2010) (2,5 à 5%), mais non conforme par rapport aux valeurs recommandées par la norme Algérienne. Cette légère différence est due à plusieurs facteurs tels la disponibilité alimentaire, le climat, le stade de lactation, la race, et aux conditions de la traite.

V.2.2. Test d'antibiotiques

La recherche d'antibiotiques dans le lait cru réalisée par l'appareil MilkSafe™ 3BTC Mini Incubateur a révélé l'absence des antibiotiques dans le lait (Figure 39). Cette absence est recommandée par les réglementations nationales et internationale (Arrêté de 24 janvier 1998, JORA N° 35 du 27-05- 1998 ; Arrêté française du 18 mars 1994).



1. Témoin 2. β -lactamines 3. Céfalexine 4. Ceftiofur 5. Tetracycline

Figure 39. Résultat obtenu pour le test d'antibiotiques des échantillons du lait cru (Attoui et Berredjem. 2021).

V.2.3. Analyses microbiologiques du lait

Le lait cru est un produit hautement nutritif sur le plan nutritionnel, par conséquent, il constitue un milieu favorable pour le développement des microorganismes. Sa production doit être sévèrement contrôlée en raison des risques éventuels qu'il peut présenter pour la santé humaine. Dans cette étude on a évalué la qualité microbiologique du lait de vache consiste à rechercher la microflore de contamination (**Tableau 11**).

Tableau 11. Résultats d'analyses microbiologiques du lait cru exigées par la réglementation algérienne .

Germes	Nombre	Norme nationale
Germes aérobies	$2,4. 10^8$	10^5
Entérobactérie	$1,7. 10^5$	10^3
<i>Staphylococcus aureus</i>	$2,5. 10^2$	Absence

► la présence de contamination est fortement liée au manque d'hygiène lors de la traite ou des équipements utilisés pour la traite.

► En parlant sur la présence des entérobactéries des hôtes du tube digestif de l'homme et des animaux, est un indice d'une contamination par les fèces des vaches ou par les mains du trayeur.

► Quant à *Staphylococcus aureus*, il est présent au niveau de la peau de la mamelle et des trayons, donc elle est inévitable dans le lait.

V.3. Analyses sur le beurre

V.3.1. Les analyse physicochimique

Le but principal des analyses consiste à vérifier la conformité des échantillons analysés aux critères et aux normes fixés par la réglementation Algérienne (**Tableau 12**).

Tableau 12. Résultats des analyses physicochimiques du beurre témoin et beurre incorporé.

Paramètres	Valeur					JORA n°096 du 23-12-1998
	Témoin	BR ₁	BR ₂	BO ₁	BO ₂	
Température (C°)	13,81	15,02	15,01	14,98	15,04	/
pH	5,12	5,01	4,97	4,97	4,99	/
MG (%)	82,85	82,59	82,40	82,49	82,28	82 Minimum
Sel (%)	0,15	0,14	0,17	0,07	0,15	/
Humidité (%)	15,54	15,60	15,66	15,61	15,89	16 maximum
ESD (%)	1,62	1,80	1,95	1,91	1,81	2 maximum
EST (%)	84,47	84,39	84,35	84,40	84,09	84 maximum
Total (%)	100,01 ± 0,01	99,99 ± 0,01	100,01 ± 0,01	100,01 ± 0,01	99,98 ± 0,02	/

► A partir des valeurs obtenus, nous constatons que tous les résultats sont conformes par rapport aux normes fixées par la réglementation Algérienne et celles mentionnées par quelques auteurs (**Lahsaoui, 2009; El-Marrakchi et al., 1986**).

► Le pH obtenu est de $5,0 \pm 0,1$, cette valeur se trouve dans l'intervalle de 4,7 à 5,8, indiqué par **Jeantet et al. (2008)**.

► Pour le taux des sels ($0,12 \pm 0,05$), il est compatible à celui recommandé par **Jeantet et al. (2008)**, soit 0,1% pour un beurre industriel et entre 0,5-3% pour un beurre demi-sel (**Mongeot, 1991**).

► L'incorporation des huiles essentielles entraîne une légère modification (1^{er} Jour) qui n'est pas vraiment importante.

V.3.2. L'indice de réfraction et le Brix

Les résultats expérimentaux sont légèrement différents (± 0.2), le Brix a donné une valeur stable pour tous les échantillons (83%). Ceci indique que l'addition des huiles n'a aucun effet sur le taux de Brix (**Figure 40 et 41**).

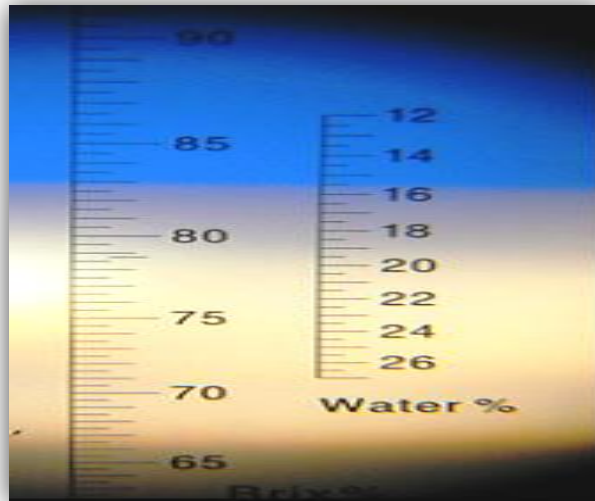


Figure 40. résultat en degré Brix par réfractomètre portatif.

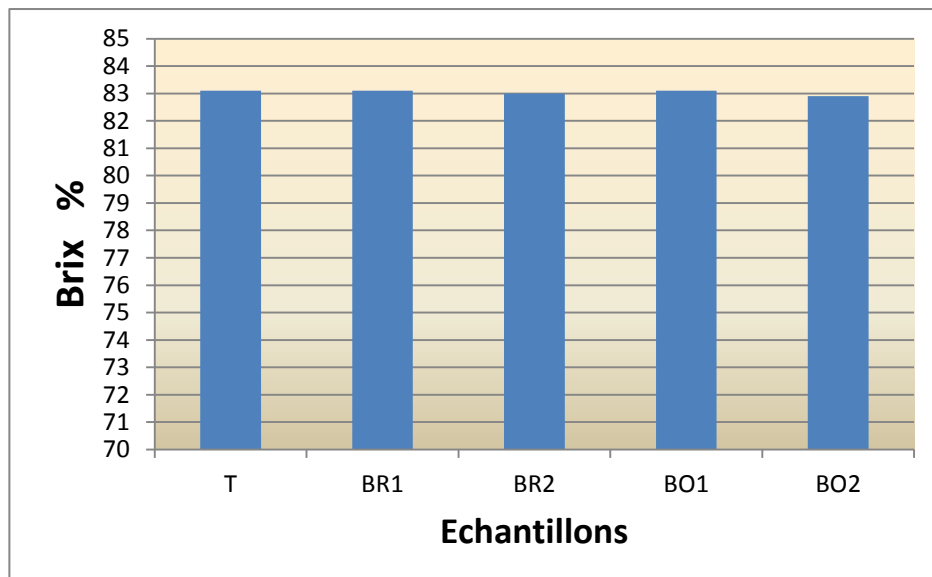


Figure 41. Le taux de Brix .

V.3.3. Le point de fusion

Dans nos conditions expérimentales, les différents échantillons affichent un point de fusion similaire qui est de 34°C (**Figure 42**).

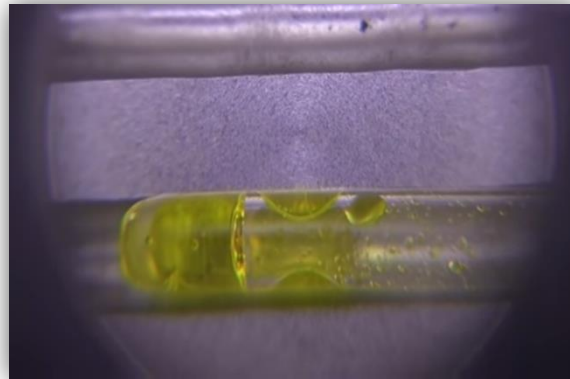


Figure 42. un beurre fondu dan un tube capillaire.

V.3.4. Evaluation de la stabilité du beurre au cour de stockage:

V.3.4.1. Mesure du pH

L'évolution du pH au cours des 03 mois de stockage des beurres préparés à 4°C est résumée dans la **figure 43**.

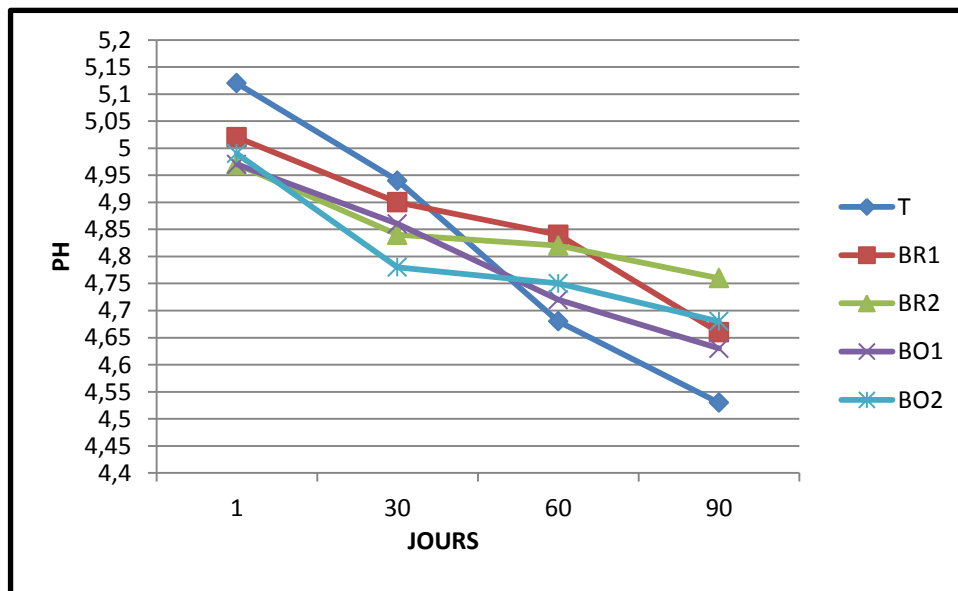


Figure 43. Résultats de pH au cours de stockage.

► Ces courbes montrent que dans le 1^{er} jour le pH des échantillons présente une légère différence un peu important ($\pm 0,1$), qui correspond à une valeur moyenne de 5,01, ces

valeurs commencent à diminuer progressivement au cours du temps de stockage (03 mois), tandis que la valeur minimale est atteinte dans le beurre témoin (4,53).

► à partir des résultats obtenus de ces courbes, on a remarqué que l'évolution de pH du beurre incorporé est plus stable par rapport au beurre témoin, ainsi l'huile essentielle de romarin est plus efficace sur la stabilisation du pH que l'huile essentielle d'orange.

► On a constaté que la stabilité du beurre est en étroite relation à la quantité d'huile essentielle incorporée.

V.3.4.2. Mesure de l'acidité

Les résultats du suivi de l'acidité au cours du stockage sont illustrés dans la **Figure 44**.

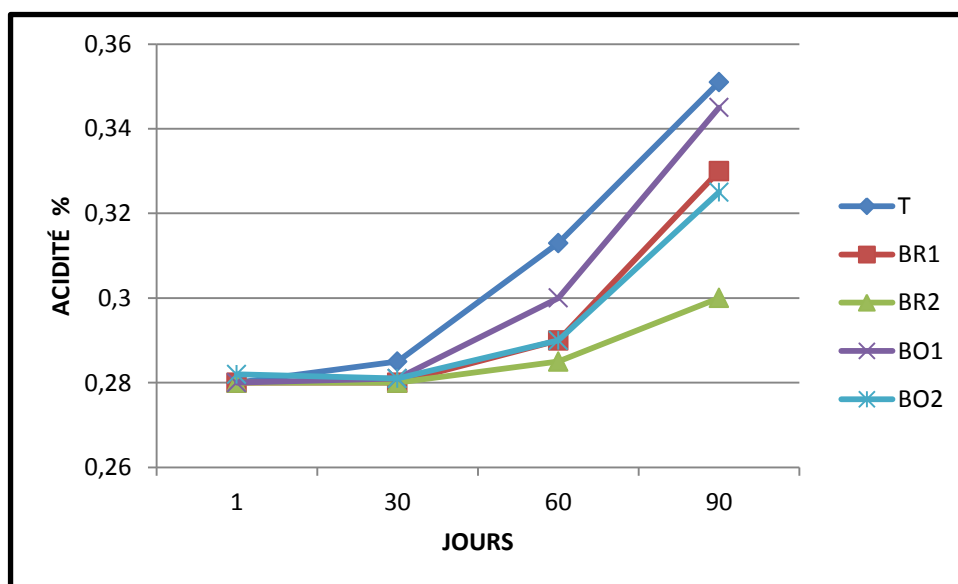


Figure 44. Suivi de l'acidité au cours de stockage.

► L'évolution de l'acidité moyenne des échantillons préparés commence à augmenter après 30 jours de stockage. On a remarqué que l'évolution de l'acidité du beurre témoin est plus rapide que celle du beurre incorporé des deux HE. Cependant, le beurre incorporé de l'huile essentielle du romarin augmente progressivement jusqu'à atteindre 0,30 % alors que celui à l'orange augmente plus rapidement pour atteindre 0,33%, à la fin de la DLC (90 jours).

► A partir des données des courbes, nous concluons que l'huile essentielle de romarin à concentration de 100 μ l est la meilleure pour la stabilisation de l'acidité du beurre.

V.3.4.3. L'indice de peroxyde (IP)

Les résultats du suivi de l'indice de peroxyde au cours du stockage sont illustrés dans la **figure 45**.

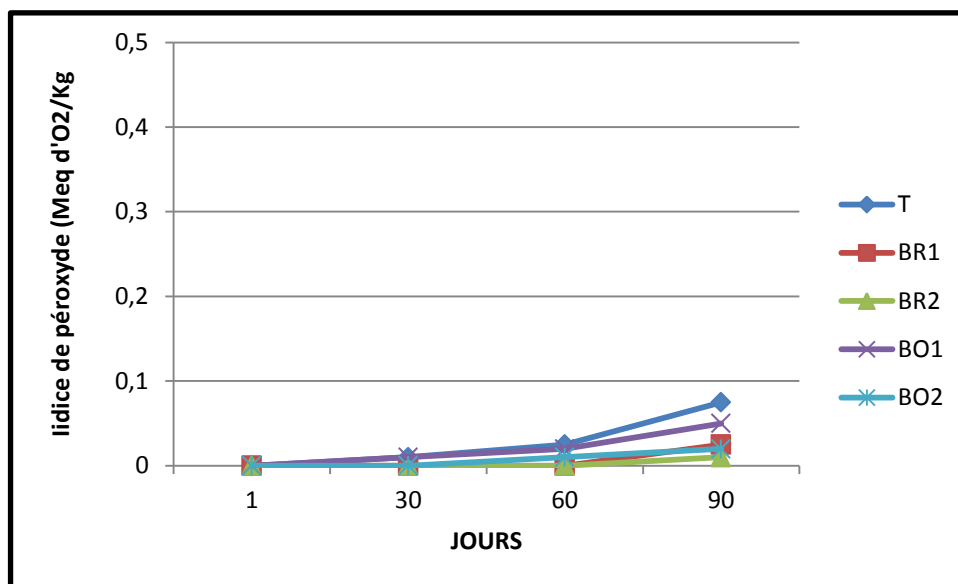


Figure 45. Evolution de l'indice de peroxyde en fonction du temps.

► Les courbes précédentes montrent un léger changement non significatif dans la moyenne de l'indice de peroxyde sur tous les échantillons.

► Ces valeurs montrent que tous les échantillons sont des produits peu oxydés, ainsi les huiles essentielles jouent un rôle très important sur la stabilisation oxydative du beurre.

V.3.5. Les analyses microbiologiques

D'après **Jacob (1994)**. L'addition d'antioxydants inhibe la croissance des microorganismes aérobies par leur pouvoir oxydatif du milieu. D'après **Muriel (2005)**, la teneur en eau inférieure à 18 % constitue un milieu défavorable pour le développement des microorganismes. Le dénombrement des colonies est le test le plus utile pour obtenir des informations sur la qualité microbiologique et les normes d'hygiène pendant la fabrication, ils donne quelques indications sur la qualité de conservation potentielle du beurre (**Figure 46 et 47**).

Tableau 13. Résultats de dénombrement et de recherches microbiologiques.

jours	Echantillon	Germe			
		<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	Levures / Moisissures	Flora totale aérobie mésophile
Jour 1	Témoin	Absent	Absent	Absent/Absent	Absent
	BR1	Absent	Absent	Absent/Absent	Absent
	BR2	Absent	Absent	Absent/Absent	Absent
	BO1	Absent	Absent	Absent/Absent	Absent
	BO2	Absent	Absent	Absent/Absent	Absent
Jour 90	Témoin	Absent	Absent	Absent/Absent	Absent
	BR1	Absent	Absent	Absent/Absent	Absent
	BR2	Absent	Absent	Absent/Absent	Absent
	BO1	Absent	Absent	Absent/Absent	Absent
	BO2	Absent	Absent	Absent/Absent	Absent
Norme (JORA. 2017)		10 ² UFC/ml	10 ³ UFC/ml	Absent	10 ² UFC/ml

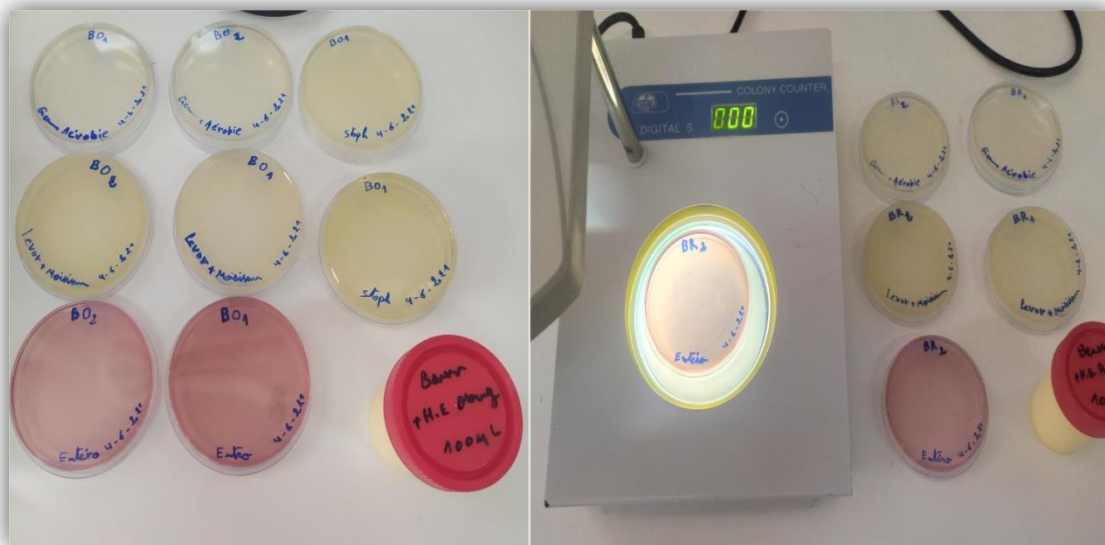


Figure 46. Lecture des boîtes de Pétri à l'aide d'un compteur de colonies.

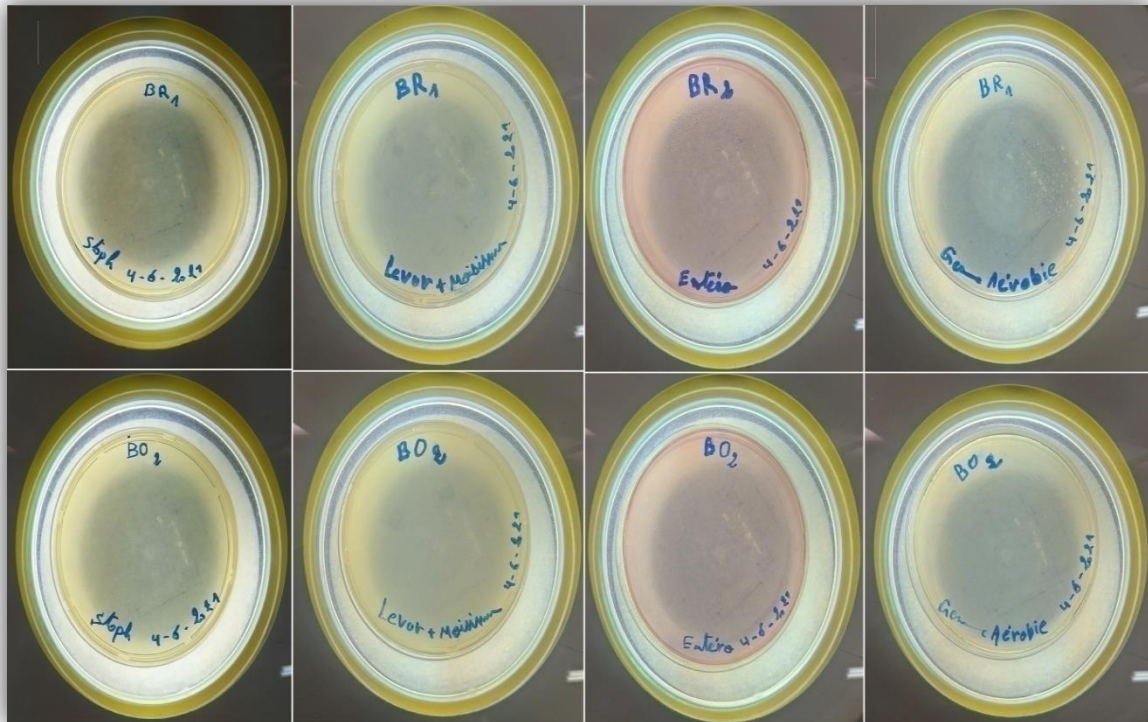


Figure 47. Les résultats observer sous la lentille du compteur de colonies.

► Tous les résultats ont montré sur le **tableau 13** est conforme aux normes décrites par le JORA, cette conformité reflète la qualité microbiologique des échantillons et le degré de salubrité du beurre.

► l'absence complète des *Escherichia coli* par l'efficacité du traitement thermique et les bonne condition hygiénique appliqué lors de processus de préparation.

► l'absence totale de la flore fongique (levure / moisissure) expliquée par le faible taux d'humidité, l'effet de pasteurisation et l'antioxydant des huiles essentielle; il est à préciser que ces micro-organismes sont acidophiles et nécessitent un taux d'humidité élevé pour leur croissance.

► les *Staphylococcus aureus* sont des bactéries thermosensibles, elles sont généralement détruites au cours de la pasteurisation (**Joffin et Joffin, 2003**), en cas la présence de ces germes dans le beurre est très dangereuse de point de vue sanitaire, cette espèce et capable de produire des entérotoxines.

V.4. Résultats des tests organoleptiques du beurre témoin et incorporé

- Acidité

Les résultats de l'acidité sont représentés dans la figure ci-dessous. L'incorporation du beurre raffiné avec l'HE n'effectue aucun changement de l'acidité par rapport au beurre témoin.

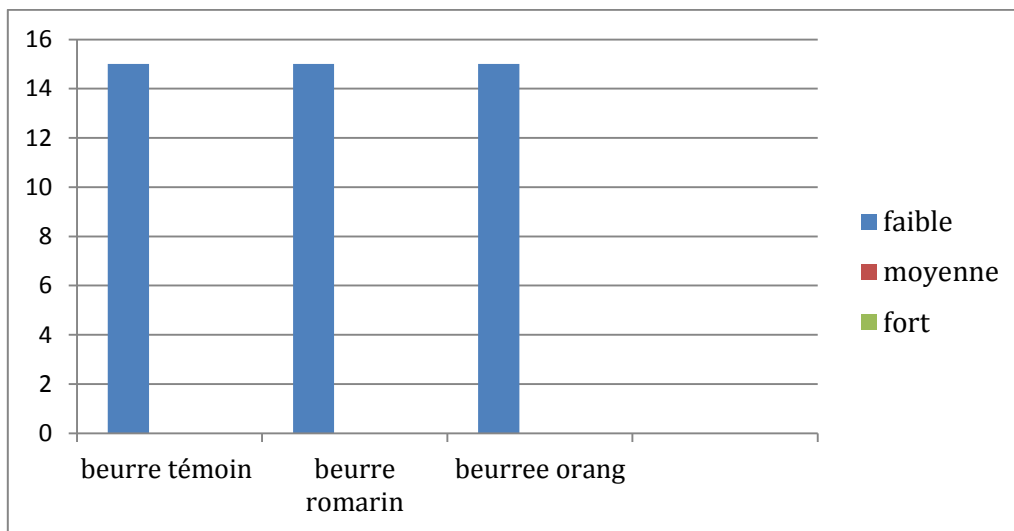


Figure 48. mesure de l'acidité.

- Odeur

Les résultats de l'odeur de nos beurres incorporés des huiles essentielles de romarin et d'orange sont représentés dans la figure suivante.

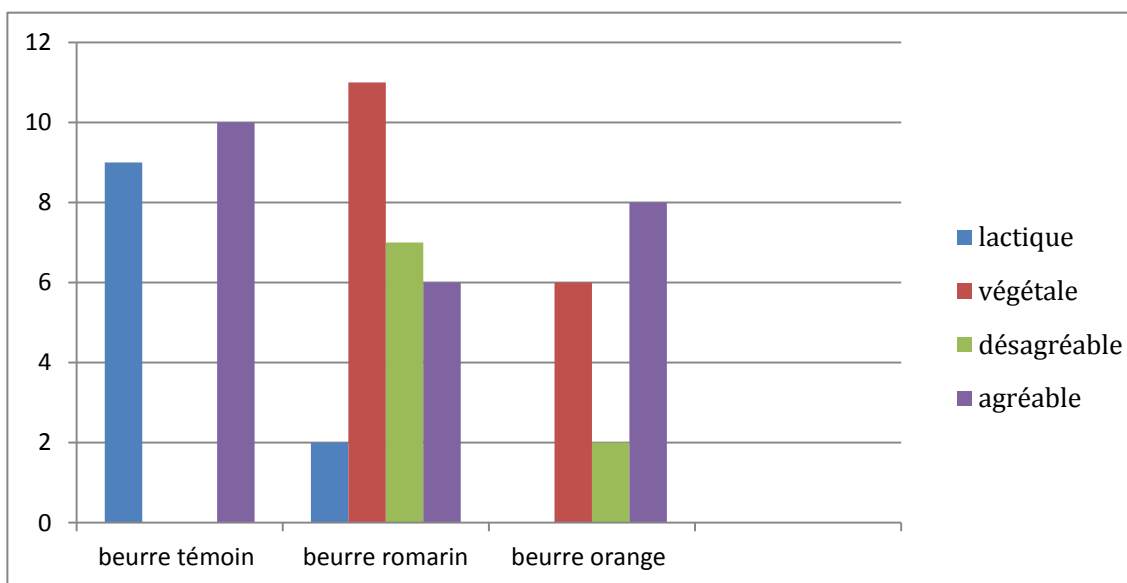


Figure 49. L'odeur selon les dégustateurs.

D'après les résultats obtenus, on estime que le beurre témoin a une odeur lactique agréable. Alors que le beurre incorporé de l'HE du romarin a une odeur végétale est ca selon l'ensemble des testeurs, la plus part des dégustateurs ont noté que l'odeur du beurre d'orange est végétale et agréable, sauf deux dégustateurs ont noté une odeur végétale et désagréable.

• **Couleur**

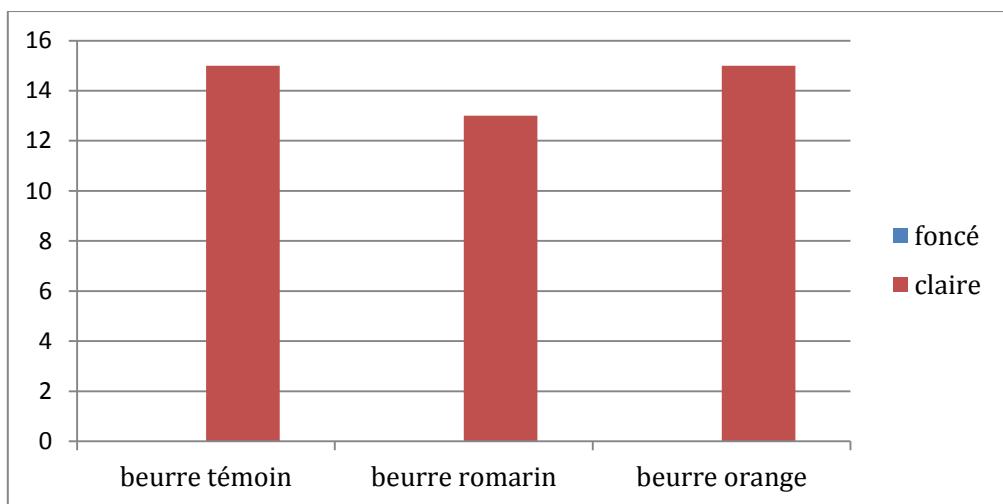


Figure 50. Les résultats de La couleur l'appréciation.

D'après la figure 50 on a constaté que la couleur des échantillons étudiés sont de couleur claire d'après la majorité des dégustateurs, en effet, elle est souvent liée à la dose minime des huiles essentielles.

• **Texture**

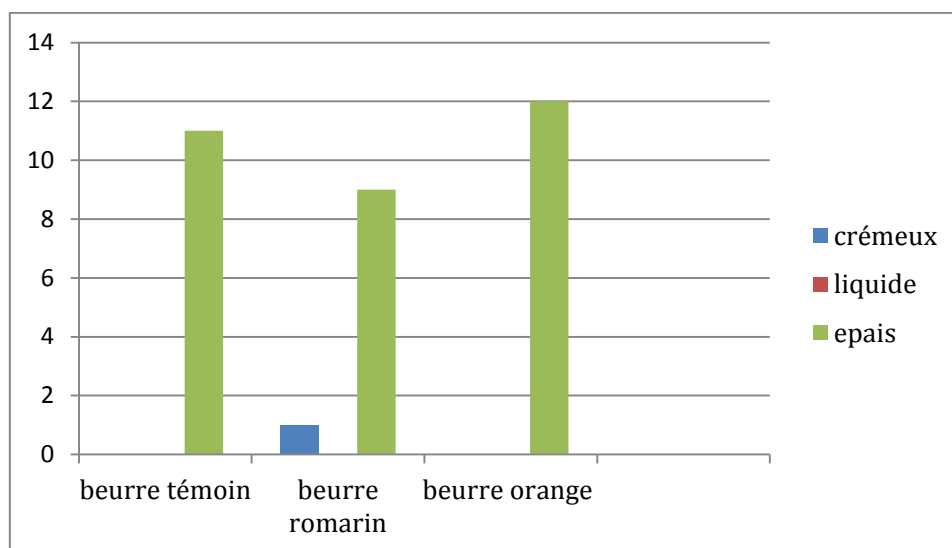


Figure 51. les résultats de l'appréciation des produits selon la texture.

Comme les autres propriétés organoleptiques, la texture d'un aliment dépend en partie de l'observateur. Elle détermine souvent l'acceptation ou le refus d'un aliment par le consommateur. Nos résultats montrent que les trois échantillons (beurre témoin, romarin, orange) sont d'une texture épaisse.

- **Saveur**

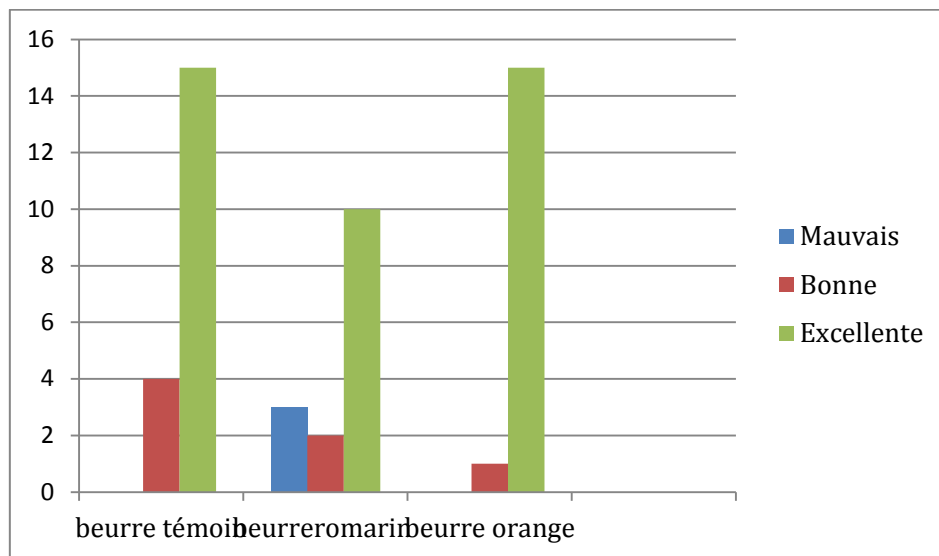


Figure 52. Les résultats de la saveur.

D'après la figure 52, on a enregistré que les trois échantillons (beurre témoin, du romarin et d'orange) sont d'une excellente saveur, d'après la majorité des dégustateurs. De plus, quatre dégustateurs ont noté que la saveur est bonne et trois ont trouvé que la saveur est mauvaise pour les deux beurres incorporés d'HE d'orange et de romarin.

Nos résultats permettent de conclure que les taux d'incorporation des HE choisies dans le beurre raffiné, améliore l'odeur, sans modifier les caractéristiques de l'acidité, de la texture et de la couleur. Le degré d'acceptabilité du beurre incorporé de l'HE d'orange et de romarin d'après les dégustateurs est maintenu, et cela du fait qu'il n'y avait pas une grande différence significative.

Discussion générale

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de l'incorporation de différentes concentrations d'huiles essentielles (50 μ l, 100 μ l) de romarin et de l'orange sur la conservation du beurre au cours de stockage. Les compositions chimiques (Humidité et Brix) et les caractéristiques physicochimique et microbiologique du beurre raffiné que nous avons préparées sont conformes aux normes. De plus, elles sont meilleures au beurre traditionnel préparé par **Belaid et Guemat, (2018)**, avec la moringa, et **Makhloufi A. (2010)**, avec la matricaire, qui ont obtenus des résultats non conformes aux normes .

L'incorporation du beurre par les HER et HEO n'ont présenté aucune modification sur la composition chimique (humidité et Brix), ce qui corrobore avec les résultats obtenus par l'incorporation de EFMO et HMO **Belaid et Guemat, (2018)**.

Pour le point de fusion du beurre qui est de 34°C, est le même que celui enregistré obtenu par **Belaid et Guemat, (2018)**.

L'incorporation par le huile essentielle de romarin enrichi le beurre en monoterpènes oxygénés, essentiellement l'eucalyptol ce qui améliore l'activité antioxydante. Tandis que l'ajout de l'huile essentielle d'orange à un effet faible. **Belaid et Guemat, (2018)**, ont également rapporté que l'incorporation des HE est meilleure que les extraits des feuilles de *Moringa oleifera*.

L'acidité et le pH sont des paramètres très importants pour déterminer la qualité et la durée de conservation des produits laitiers. Nos résultats montrent que l'ajout de HER ralentie l'augmentation de l'acidité au cours de stockage plus efficace que l'ajout de HEO. Nos résultats sont comparable à ceux rapportés par **Belaid et Guemat, (2018)** et **Makhloufi A. (2010)**, qui ont rapporté que l'ajout de HE de la moringa et la matricaire ralentit l'augmentation de l'acidité au cours du stockage. La même chose pour le PH.

L'indice de peroxyde est un paramètre important pour la stabilité des produits laitiers gras au cours du stockage. La valeur élevée du peroxyde est associée à une mauvaise qualité de conservation. Pour le résultat d'indice de peroxyde obtenu est presque zéro au cours du stockage jusqu' au jour 90 ($0 \pm 0,07$), et la valeur la plus faible a été notée dans le beurre enrichi avec HER (BR2). On a constaté que ces valeurs sont inférieures à celles obtenues par **Belaid et Guemat, (2018)**. (2018) et **Makhloufi A. (2010)**.

Le critère de qualité le plus important qui détermine l'acceptabilité et la durée de conservation des produits laitiers est l'analyse microbiologique. Ces tests peuvent être utilisés pour évaluer la qualité et la sécurité alimentaire.

Les résultats des analyses microbiologiques des beurres incorporés montrent clairement leur parfaite conformité aux normes et exigences réglementaires. Nos résultats nous montrent l'absence totale de toutes les bactéries pathogènes. Ce qui n'est pas le cas dans les études de **Makhloufi A. (2010)** et **Latreche B. (2016)**.

L'analyse sensorielle a été évaluée au moyen de différents tests, à savoir l'odeur, la saveur, le goût, l'acidité, la couleur et la texture. Nos résultats révèlent que l'incorporation des huiles essentielles d'orange et de romarin au beurre raffiné a amélioré le goût sans nuire à la qualité. Ces résultats sont comparables à ceux observés par **Belaid et Guemat, (2018)** et **Makhloufi A. (2010)**, qui ont indiqué que les échantillons de beurre conservés avec HE de *Moringa oleifera* et HE de *Matricaria pubescens*, respectivement, sont de bonne qualité pour le consommateur.

Conclusion

Conclusion

Le recours aux plantes aromatiques s'avère être un choix pertinent face aux risques de contamination précis ou à la nécessité de réduire ou remplacer les conservateurs chimiques ou synthétiques dans l'industrie agro-alimentaire. Ainsi, leurs utilisation à faible doses est envisageable, en raison de leurs grande efficacité, ainsi que leurs apport en goût, fraîcheur, équilibre nutritionnel et rentabilité qui sont des valeurs ajoutées aux produits consommés.

Le présent travail a pour but d'étudier l'effet de l'incorporation des huiles essentielles de deux aromates, à savoir le romarin et l'orange dans la formulation et la conservation d'un beurre raffiné.

Pour les analyses chimiques du beurre raffiné, à savoir l'humidité et le Brix, ils sont conformes aux normes fixés par la réglementation algérienne et celles mentionnées par d'autres chercheurs. La détermination des différents paramètres physico-chimiques du beurre raffiné enrichi d'huile essentielle de romarin et d'orange montre que l'indice de peroxyde est nulle au cours des 03 mois avec une légère augmentation non significative (0,05 Meq d'O₂/Kg). Cette valeur est inférieure à celle du témoin, et cela confirme la bonne qualité de conservation par les huiles du beurre élaboré.

A partir des résultats obtenus de l'acidité et du pH, on a constaté que l'ajout de HER et HEO ralentit l'augmentation d'acidité et du pH au cours du stockage, ce qui est due aux pouvoir antioxydant de ces huiles. Cependant, HER est plus efficiente que l'ajout de HEO, ce qui pourrait être du à son composé majoritaire l'eucalyptol, ou au synergisme de ce terpènes oxygénés.

L'analyse microbiologique du beurre incorporé est satisfaisante et ne présente aucune pathogénicité particulière (absence de levures, moisissures, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, flore totale aérobie mésophile), donc il est de bonne qualité microbiologique.

D'autre part, d'après nos dégustateurs, l'analyse sensorielle a révélé que les taux d'incorporation des huiles choisi dans le beurre raffiné, change l'odeur et améliore le gout sans modifier les caractéristique d'acidité, texture et de la couleur. Cet avantage nous encourage à proposer notre produit à l'industrie alimentaire et pourrait rentrer dans le cadre de l'innovation alimentaire d'un produit dérivé du lait, à savoir le beurre raffiné incorporé d'huile essentielle. En effet, le beurre raffiné à base d'orange pourrait être suggéré pour les préparations de

viennoiserie ou pâtisserie, celui au romarin serait mieux apprécié comme beurre raffiné demi-sel.

Même si ce travail nous a permis d'étudier les caractéristiques biologiques de l'huile essentielle de l'orange et romarin, et d'explorer la possibilité de son utilisation comme des agents conservateurs et aromatiques dans le beurre raffiné, beaucoup de questions mériteraient d'être traitées, donc il serait souhaitable :

- ✓ D'isoler les bactéries lactiques du beurre et d'étudier leur comportement vis-à-vis des huiles essentielles d'orange et du romarin.
- ✓ Déterminer l'effet du mélange des deux huiles essentielles (orange et romarin) pour améliorer leur efficacité sur la conservation du beurre.
- ✓ Étudier l'impact d'autres huiles essentielles sur la conservation du beurre non encore étudiées.
- ✓ Essayer d'élaborer plusieurs produits à base du beurre enrichi par l'extrait ou par le zeste d'orange et poudre du romarin, et comparer leur pouvoir conservateur par rapport aux résultats obtenus avec les huiles essentielles.
- ✓ Faire des tests de cytotoxicité de nos huiles essentielles utilisées afin de déterminer la dose maximale à incorporer dans le produit fini.

Références

Bibliographiques

Les références bibliographiques

A

- **Aissaoui L., (2019).** Effet de l'utilisation d'un mélange d'huiles essentielles de romarin et de thym sur l'amélioration de la conservation d'un fromage à caillé lactique, Mémoire de Master en Sciences alimentaires, Université Abdelhamid IBn Badis Mostaganem.p118.
- **Akrouf, A., El Jani, H., Amouri, S., and Neffati, M., (2010).** "Screening of antiradical and antibacterial activities of essential oils of *Artemisia campestris* L., *Artemisia herba alba* Asso, & *Thymus capitatus* Hoff. et Link. growing wild in the Southern of Tunisia." *Recent Research in Science and Technology*, 2(1).
- **Angers P., (2010).** Beurre et fractions de matière grasse laitière. Dans : Vignola C.L. *Science et Technologie du Lait*. Fondation de technologie laitière, Presses internationales polytechnique : Québec, p. 323-347.
- **Anonyme., (2013).** Les huiles essentielles, une utilisation millénaire. [en ligne] :<http://tpehuilesessentiellesetsante.e-monsite.com/pages/i-les-huiles-essentielles-une-utilisation-millenaire/definition/b-les-differentes-techniques-d-extraction-des-huiles-essentielles.html>.
- **Apfelbaum M. Romon M. Dubus M., (2004).** *Diététique et nutrition*. Ed. Masson (7ème édition). 516p. 6.
- **Atik bekkara F, Bousmaha L, Taleb bendiab S.A., Boti J.B., Casanova J., (2007).** Composition chimique de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L poussant à l'état spontané et cultivé de la région de Tlemcen. *J Biologie & Santé* vol. 7, n° 1.

B

- **Bastien, (2008).** Effet larvicide des huiles essentielles sur *Stomoxys calcitrans* a la réunion. Thèse doctorat. Université Paul-Sabatier. Toulouse. P : 25-26.
- **Belaid K ,Guemat Sabrina., (2018).** Effet de l'extrait ET de l'huile de *Moringa oleifera* sur la conservation du beurre. Master en Science Alimentaire Spécialité : Production et Transformation Laitière, Université A. Mira – Bejaia. P 87.

- **Benkerroum, N., Tamime, A., (2004).** Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (lben, jben and smen) to small industrial scale. *Journal of Food Microbiol*, vol. 21, p. 399-413.
- **Bousbia, Nabil., (2011).** Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Université d'Avignon. France. 127p
- **Boutonnier, J.L.,(2007).** Matière grasse laitière – crème et beurre standard. Villefranchede-Rouergue, France : Techniques de l'ingénieur, p. 1-16.
- **Bruneton, J., (1999).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Ed.Lavoisier, 2ème Ed. Tec & Doc. Lavoisier, Paris. 623p.
- **Bukar, A., Uba A., Oyeyi T., (2010).** "Antimicrobial profile of Moringa oleifera Lam. extracts against some food-borne microorganisms." *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 3(1) :43-48.
- **Burt, (2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: areview. *Int. J. FoodMicrobiol.* 94: 223-253.

C

- **Chang, H.Y., Ho, Y.-L., Sheu, M.-J., Lin, Y.-H., Tseng, M.-C., Wu, S.-H., Huang, GJ., Chang, YS., (2007).** Antioxidant and free radical scavenging activities of *Phellinus merrillii* extracts. *Botanical Studies*, 48(4), 407-417.
- **Clarisse , B., Vincent, F., Isabelle, G., (2006).** Syndicat National des Industries Aromatiques Alimentaires. (S.N.I.A.A.) Article paru dans la revue « Industries Alimentaires et Ag ricales », Juin 2006 18 rue de la Pépinière, 75008 PARIS.
- **Chandan, R., Kilara, A., (2011).** Dairy Ingredients for Food Processing. USA : WILEY-BLACKWELL, p. 387-421.
- **Couvreur, S., Hurtaud, C.,(2007).** le globule gras du lait : sécrétion, composition, fonction et facteurs de variation. *INRA Production Animales* 20:365-382.

E

- **Eden.(2013).**ORANGER,CITRUSSINENSIS.
[enligne]:<https://www.moneden.fr/article/oranger-citrus-sinensis#fArt2>

- **El Kamli, T., Faouzi, E., Noureddine, E., Houmane, M., Rachida, C., Abdellatif B., (2017).** Comparaison Quantitative Et Qualitative Des Huiles Essentielles De Rosmarinus Officinalis Obtenues Par Différentes Méthodes, Edition European Scientific Journal. Vol.13, No.21, p 180.
- **Ellada p. (2011).** Le beurre, bon ou mauvais pour la santé Neoplanete n°19. pp14-16.
- **Elmarrakchi, A., Berrada, M., Chahboun, M., Benbouhou, M.,(1986).** Etude chimique du smen marocain. Département d'Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale (HIDA OA) : Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P. 6202- Rabat-Instituts : Maroc. Section de Technologie alimentaire du même Institut. Le Lait, vol. 66, n° 2, p. 117-120.

F

- **Fadili, K., Amalich, S., N'dedianhoua, S.K., Bouachrine, M., Mahjoubi, M., El hilali, F., Zair, T., (2015).** Teneurs en polyphénols et évaluation de l'activité antioxydante des extraits de deux espèces du Haut Atlas du Maroc: Rosmarinus Officinalis et Thymus Satureioides. Vol. 17 No. pp. 24-33
- **Faixová, Z., Faix, S., (2008).** Biological effects of rosemary essential oil (A Review). Folia Veterinaria 52(3-4): 135-139.
- **FAO. (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Rome. p209-211.
- **Fredot, E., (2005).** Connaissance des aliments, bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Paris: TEC & DOC, Lavoisier, p. 295-304.

G

- **Gabriel, I., Alleman, F., Dufourcq, V., Perrin, F., Gabarrou, J.F. (2013).** Utilisation des huiles essentielles en alimentation des volailles. Hypothèses sur les modes d'action impliqués dans les effets observés. INRA Productions Animales. 26 (1) : 13 - 24.
- **Gaussen, Deuroy, Ozenda., (1982).** Précis de botanique végétaux supérieurs. Edition : Masson. Pp 215-408.

- **Giordani et Kaloustian , (2006).** Action anticandidosique des huiles essentielles : leur utilisation concomitante avec des médicaments antifongiques, *Phytopharmacologie*, 3 : 121124.
- **M.E.González-Trujano., E.I.Peña., A.L.Martínez., J.Moreno., P.Guevara-Fefer., M.Déciga-Campos., F.J.López-Muñoz., (2007).** Evaluation of the antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. using three different experimental models in rodents. *Edition Journal of Ethnopharmacology*. P 476-482.
- **Gosta, B., Bozena, M., Andrzej, H., Mats, H., Gunnar, M., Birgitta, S., Hakan, P., Karsten, L., Torben, V., Eelco, V., Eddy, B., Nicholas, A., James, P., Pavlos, K., Jaana, M., Ferdinand, F., Cecilia S., Ulrika, R., (2015).** *Dairy Processing Handbook*. by: Tetra Packs International S.A.Technology, Engineering, Agriculture. Swede. 486 P.
- **Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques,(2002).** Transformer les produits laitiers frais à la ferme, éd. Educargri, p. 103, 104, 105,109.

H

- **Hellal, Z., (2011).** Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. : Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). Mémoire de magistère, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 78 p.
- **Himed, L., (2011).** Evaluation de l'activité antioxydante des huiles essentielles de Citrus limon : application à la margarine. Mémoire de magistère, Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires I.N.A.T.A.A. Université Mentouri – Constantine. 65 p.

J

- **Jacob, R.A., (1994).** Nutrition, health and antioxidants, edition : INFORM, P 1271-1275.
- **Jeantet, R., Croguennec, T., Schuckm P., Brule, G., (2008).** Science des aliments: tome 2, technologie des produits alimentaires. Paris : Tec & Doc, Lavoisier, p. 58- 59.

- **Joffin, C., Joffin J.N., (2003).** Microbiologie alimentaire, édition : centre régional de documentation. ISBN : 2-86617-342-2.

K

- **Kanafani-Zahar, A., (1994).** *Mūne: la conservation alimentaire traditionnelle au Liban*: Maison des Sciences de l'Homme.
- **Keogh, M.K., (2006).** Advanced Dairy Chemistry, Chemistry and technology of better and milk fat spreads. 3emeEdition. Cork, Ireland: Springer Science, University College, Vol. 2 p. 333-355.
- **Kone, Siaka., (2001).** Extraction des huiles essentielles par distillation. Gate Information Service. Eschbom. P: 1-2.
- **Kornacki, J.L., Flowers, R.S., Robert, L., Bradley, J.R., (2001).** Microbiology of butter and related products. Dans: MARTH E.H., STEELE J.L. Applied dairy Microbiology, 2eme edition, revised and expanded, p.128.

L

- **Lahlou, Mouhssen., (2004).** Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. Phytother Res; 18: 435-48.
- **Lahsaoui, S., (2009).** Etude du procédé de fabrication d'un produit laitier traditionnel algérien (Kilila). Thèse de doctorat d'état : Département d'Agronomie : Université de Batna. Algérie.
- **Latreche, B., (2016).** Caractérisation des bactéries lactiques isolées du beurre cru, évaluation de leurs aptitudes technologiques et leur utilisation dans la fabrication de la crème sure, Mémoire de Magister en Sciences Alimentaires Option : Technologie Alimentaire, Institut de la Nutrition, DE l'alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (I.N.A.T.A.A.). p 150.
- **Lequellec, JL., Trear, C., Ruiz, J.M. ,(2006).** *Maisons du Sahara: habiter le désert*, Hazan, Paris, p.180.
- **Leclerq, H., (1969).** Microbiologie, Biologie appliquée IUT BT, doin, paris, P 552.

M

- **Makhloufi , A., (2010).** Etude des activités antimicrobienne et antioxydante de deux plantes médicinales poussant à l'état spontané dans la région de bechar(*Matricaria pubescens* (Desf.) et *Rosmarinus officinalis L*) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru. doctorat d'etat en biologie Spécialité : Microbiologie et sécurité sanitaire des aliments. Universite Aboubaker Belkaid Telemcen. P166.
- **Mongéot, J., (1991).** Les produit allégés. Presses Universitaires de France.
- **Moreira, M.R., Ponce, A.G., del Valle, C.E., Roura, S.I., (2005).** Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen. LWT. Food Science and Technology, 38(5), pp. 565-570.
- **Muriel, F., (2005).** Lipides et composés liposolubles. ISBN : 2-1566-278-2, p10.

N

- **NF T 75-006 (février 1998).** Matières premières aromatiques d'origine naturelle – Vocabulaire. Aromatic natural raw materials. Vocabulary. (Indice de classement : T75-006).
- **Norme algérienne N° 274/1998.** Corps gras d'origine animale et végétale-détermination de l'indice de peroxyde.
- **Norme algérienne N°273/2012.** Corps gras d'origine animale et végétale-détermination de l'ndice d'acide et de l'acidité.

P

- **Paul A. ,(2010).** beurre et fractions de matière grasse laitière, Dans: VINGOLE C.L. Science et Technologie du lait, presses polytechnique, n°5, p. 323-347.
- **Praloran, C., (1971) -** Les agrumes. Ed. editeur 8348, Paris, n° 5, p. 25.

R

- **Ribeiro-Santos, R., Denise, C., Carlos,C., Helena, S., Costa, T., Gonçalves, A., Maria, C., Fernando, R., Nath, A., Ana, S., (2015)** A novel insight on an ancient

aromatic plant: The rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). Trends in Food Science & Technology 45, p355-368.

- **Ronholt, S., Kirkensgaard, J. J. K., Pedersen, T. B., Montensen, K., & Knudsen, J. C., (2012).** Polymorphism, microstructure and rheology of butter: effects of cream heat treatment. Food Chemistry, 135, 1730-17739.
- **Roussos, P. A., Sefferou, V., Denaxa, N.-K., Tsantili, E., & Stathis, V., (2011).** Apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load. Scientia Horticulturae, 129(3), 472-478.

S

- **Sanders, T., Dean, T., Miracle, R., (2008).** The effect of refrigerated and frozen storage on butter flavor and texture .journal of diary science.volume91(2).pp455-465.

V

- **Van de Weghe, P., (2012).** Equipe produits naturels, synthèse, chimie médicinale (bat5, rdc) pi erre.van-de-weghe@univ-rennes1.fr. 15-17p.
- **Veisseyre, R., (1975).** Technologie du lait, 3eme édition. Paris : la maison rustique, p. 342- 397.
- **Vierling, E., (2003).** Chapitre X les corps gras. Dans: *Aliments et boissons* : Filières et produits, 3ème édition : Doin, p.191, 192.

W

- **Wollinger, A., Perrin, É., Chahboun, J., Jeannot, V., Touraud, D., and Kunz, W., (2016).** Antioxidant activity of hydro distillation water residues from *Rosmarinus officinalis* L. leaves determined by DPPH assays. Comptes Rendus Chim, 19: 754–765.

Y

- **Yesil-Celiktas, O., Nartop, P., Gurel, A., Bedir, E., Vardar, Sukan, F., (2007).**
Determination of phenolic content and antioxidant activity of extracts obtained from *Rosmarinus officinalis* calli. Journal of Plant Physiology 164(11): 1536-1542.

Z

- **Zermane, A ., (2010).** Etude de l'extraction supercritique Application aux systèmes agroalimentaires ; thèse de doctorat, université de Mentouri Constantine .

Site internet

- Site 1 : https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-41661-4_21
- Site 2 : <https://www.jstm.org/glutamate-monosodique-gms-un-exhausteur-de-gout-a-consommer-avec-moderation/>
- Site3 : <https://www.cuisineaz.com/articles/8-additifs-alimentaires-dangereux-a-bannir-de-votre-alimentation-552.aspx>
- Site 4 : <https://www.iopscience.iop.org/article/10.1088/1757899X/991/1/012039/pdf>

Annexes

I. Matériel et appareillage

Ce matériel et appareillage a été utilisé pour l'incorporation du beurre et pour les analyses physicochimiques et microbiologiques, ainsi que pour l'extraction des huiles.



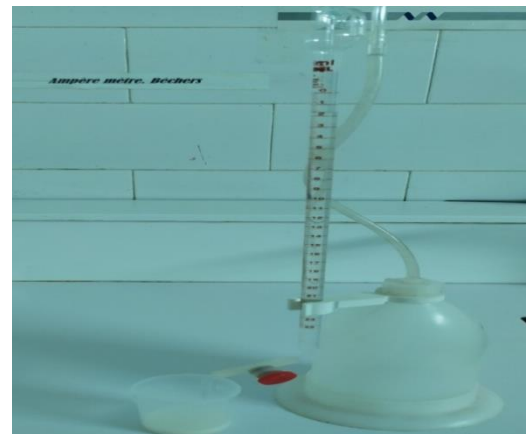
Annexe 1: Lacto-Scan SP+ résultats d'analyse



Annexe 2: balance de précision EW-N/EG-N



Annexe 3: pH-mètre



Annexe 4: Acidimètre



Annexe 5: Hotte microbologique stérile



Annexe 6: Dessiccateur



Annexe 7: Centrifugeuse



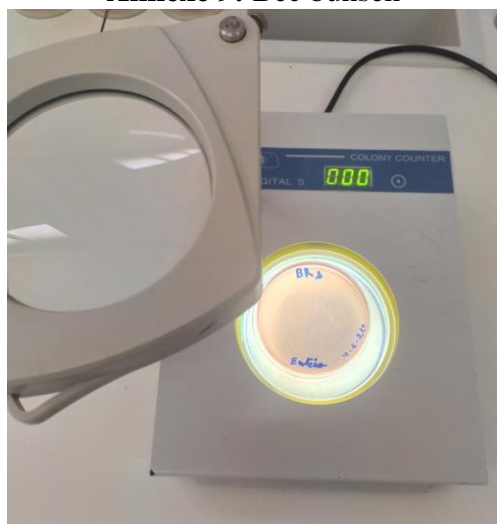
Annexe 8: Etuve



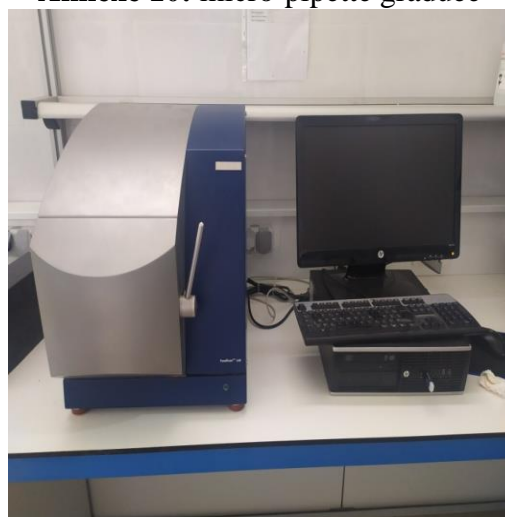
Annexe 9: Bec bunsen



Annexe 10: micro-pipette graduée



Annexe 11: Compteur de colonies



Annexe 12: Food Scan™ - FOSS

II. Matérielle et Utiles

Ce matériel est utilisé pour la transformation du lait et la fabrication du beurre.



Annexe 13: Citerne iso-thermique qui transporte le lait cru



Annexe 14: filtre de lait (à diamètre de $\text{Ø}:2\text{mm}$)



Annexe 15: refroidisseur à plaques



Annexe 16: Tanks de stockage (TLC)



Annexe 17: butyrateur + silo de stockage

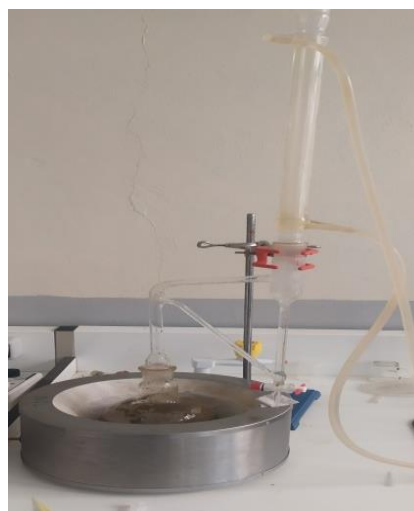


Annexe 18: K25 B conditionneuse de beurre

III. Matériel utilisé pour l'extraction des HE



Annexe 19: Mixeur de laboratoire



Annexe 20: hydrodistillateur de type Clevenger



Annexe 21: Balance



Annexe 22: ballon en verre + réchauffeur

IV. Milieux de culture

Les compositions sont données pour un litre d'eau distillée, le volume doit être amené à un litre d'eau à l'aide de la quantité nécessaire d'eau distillée. Le pH final, le temps et la température d'autoclavage sont mentionnés ainsi que les modalités particulières de préparation.

Eau physiologique	
Chlorure de sodium	8,5 g
Eau distillée qsp	1000 ml
Stérilisation : 120°C pendant 20 minutes	/
Guiraud, 2003	

Milieu Baird-Parker (BP)	
Tryptone	10,0 g
Extrait de viande	5,0 g
Extrait de levure	1,0 g
Chlorure de sodium	5,0 g
Gélose	20,0 g
Sulphamézathine de sodium à 0,2% (Facultatif)	25,0 mL
Glycocolle à 12%	10,0mL
Pyruvate de sodium à 20%	5,0 mL
Eau distillée qsp	1000mL
pH 7,0	/
Stérilisation : 120°C pendant 15 minutes	/
Guiraud, 2003	

Gélose VRBL	
Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre	
Peptone	7,0 g
Extrait de levure	5,0 g
Sels biliaires	1,5 g
Lactose	10,0 g
Chlorure de sodium	5,0 g
Rouge neutre	30,0 mg
Cristal violet	2,0 mg
Gélose	12,0 g
Eau distillée qsp	1000 mL
pH 7,4	/
Stérilisation : 15 minutes d'ébullition (ne pas autoclavé)	/
Guiraud, 2003	

V. Questionnaire

FICHE DE TEST SENSORIEL

N° Dégustateur :

DATE :

Souffrez-vous de maladie ou une allergie à l'un des composants suivants :

- Lait de vache
- Matières Grasses d'origine animales (beurre)
- Les huiles essentielles d'orange
- Les huiles essentielles de romarin
- Consommez-vous le tabac

Oui	Non
Oui	Non
Oui	Non
Oui	Non
Oui	Non

Veillez examiner et goûter chaque échantillon de beurre, et donnez une note de 1 à 10 selon l'intensité du caractère.

A : beurre témoin

B :beurre + romarin

C :beurre +orange

		Echantillon		
		A	B	C
Odeur	Lactique			
	Végétale			
	Désagréable			
	Agréable			
Saveur	Mauvaise			
	Bonne			
	Excellente			
Texture	crémeux			
	Liquide			
	Epais			
Acidité	Faible			
	Moyenne			
	Fort			
Couleur	Foncé			
	Claire			

Fégure dégustation :

