

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité : Production et Transformation Laitière



Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Essai d'élaboration d'un fromage à pâte molle aromatisé

Présenté par :
KABI Adem & TAGHERSOUT Amine
Soutenu le : **01/07/2024**

Devant le jury composé de :

Mme. SIDANE D.	MCB	Présidente
Mme. MERZOUK H.	MCA	Encadreur
Mme. BOUBCHIR K.	MAA	Examinatrice

Année universitaire : 2023 / 2024

Remerciements

Nous remercions **Dieu** de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour la réalisation de ce modeste travail.

Sincèrement, c'est un grand honneur pour nous d'avoir eu l'opportunité de travailler avec **Mme MERZOUK H.**, notre promotrice. Aussi, nous tenons à lui exprimer notre profonde gratitude et nos remerciements les plus chaleureux pour son aide la plus précieuse, son apport constructif, ses encouragements, ses conseils, sa grande disponibilité et surtout sa modestie qui est aussi grande que son mérite.

Nous remercierons également les membres du jury, la présidente **Mme SIDANE D.**, et l'examinatrice **Mme BOUBCHIR K.**, d'avoir accepté d'être parmi le jury de notre soutenance et d'examiner notre travail.

Nous ne saurions terminer sans remercier tous les enseignants qui ont contribué à notre formation durant nos années d'études.

Un très grand **MERCI** adressé plus particulièrement à nos très chers parents, qui ont pu nous soutenir, nous aider, nous encourager, tout au long des années d'études.

En fin, nous remercions toute personne qui a participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail pour mes chers et magnifiques parents, sans oublier mes frères, qui m'ont soutenue tout au long de ma vie, et qui m'ont encouragée d'être à ce niveau-là, je prie le bon dieu de les protéger et de les garder pour nous, sans oublié mon ami Fares.

Mon binôme Amine, c'était vraiment un grand plaisir d'avoir eu l'occasion de partager ce bref travail avec toi, merci beaucoup

KABI Adem

Au terme de ces semestres d'études, je dédie ce modeste travail en signe de respect, de reconnaissance et remerciement ; À ma petite famille et mon ami Abdelouaheb.

Mon binôme Adem, je suis vraiment reconnaissant d'avoir eu l'opportunité de collaborer avec toi sur ce projet. Ce fut un réel plaisir de partager cette expérience avec toi. Merci infiniment pour tout.

TAGHERSOUT Amine

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....1

Synthèse bibliographique

Chapitre I. Généralités sur les fromages

I.1. Historique.....	3
I.2. Définition du fromage.....	3
I.3. Etapes de fabrication.....	3
I.3.1 Préparation du lait.....	4
I.3.2 Coagulation.....	4
I.3.3 Egouttage.....	5
I.3.4 Salage.....	5
I.3.5 Affinage.....	5
I.4. Classification des fromages.....	6
I.5. Valeur et intérêt nutritionnel.....	7
I.5.1. Valeur nutritionnelle.....	7
I.5.2. Intérêt nutritionnel et effets sur la santé.....	8

Chapitre II. Plantes aromatiques

II.1. Le thym.....	9
II.1.1 Définition et description.....	9
II.1.2. Composition chimique.....	9
II.1.3. Effets thérapeutiques.....	10
II.1.4. Applications et utilisations dans l'industrie alimentaire.....	10
II.2. Le romarin.....	11
II.2.1. Définition et description.....	11
II.2.2. Composition chimique.....	12
II.2.3. Effets thérapeutiques.....	12
II.2.4. Applications et utilisations dans l'industrie alimentaire.....	13
II.3. L'origan.....	13
II.3.1. Définition et description.....	13
II.3.2. Composition chimique.....	14
II.3.3. Effets thérapeutiques.....	14
II.3.4. Applications et utilisations dans l'industrie alimentaire.....	15

II.4. La lavande.....	15
II.4.1. Définition et description.....	15
II.4.2. Composition chimique	16
II.4.3. Effets thérapeutiques.....	16
II.4.4. Applications et utilisations dans l'industrie alimentaire	17
II.5. Enrobage des fromages avec les plantes	17

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

I.1. Matériel végétale et biologique	18
I.2. Préparation du fromage	18
I.3. Analyse physico-chimiques.....	19
I.3.1. Le pH.....	20
I.3.2. Acidité titrable	20
I.3.3. Teneur en sucres totaux.....	21
I.3.4. Teneur en matière grasse	21
I.3.5. Teneur en composés phénoliques	22
I.3.6. Evaluation de l'activité antioxydante.....	22
I.3.7. Taux d'humidité.....	23
I.3.8. Teneur en extrait sec total.....	23
I.3.9. Taux de cendres	24
I.3.10. Détermination des chlorures	24
I.4. Analyses microbiologiques	25
I.4.1. Préparation de la solution mère et les dilutions décimales	25
I.4.2. Dénombrement de la Flore Totale Aérobie Mésophile	25
I.4.3. Les coliformes totaux.....	26
I.4.4. Dénombrement d'Escherichia coli.....	26
I.4.5. Dénombrement de Staphylococcus aureus	26
I.4.6. Levures et moisissures	27
I.5. Analyse sensorielle	27

Résultats et discussion

I.1. Analyses physico-chimiques du lait cru.....	29
I.2. Analyses physico-chimiques du fromage.....	31
I.2.1. pH.....	31
I.2.2. Acidité titrable	32
I.2.3. Teneur en sucres totaux	33
I.2.4. Teneur en matières grasses	34
I.2.5. Teneur en composés phénoliques	35

I.2.6. Evaluation de l'activité antioxydante.....	36
I.2.7. Taux d'humidité.....	37
I.2.8. Taux d'extrait sec total.....	38
I.2.9. Taux de cendres	39
I.2.10. Détermination des chlorures	40
II.2. Analyses microbiologiques	40
II.2.1. Escherichia coli	42
II.2.2. Staphylococcus aureus	42
II.2.3. Levures et moisissures	43
II.3. Analyses sensorielles	43
Conclusion.....	47

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

Abs : Absorbance

AFNOR : Association française de normalisation

ACP : Analyse en Composantes Principales

AOAC : Association of Official Agricultural Chemists

BSA : Bovine serum albumin

BLBVB : Le Bouillon Lactosé à la Bile au Vert Brillant

CP : Composé phénolique

DPPH : 2,2-diphényl 1-picrylhydrazyle

EAG : Equivalent d'acide gallique

EMB : Eosin Methylene Blue

ESD : Extrait sec dégraisser

EST : Extrait sec total

FAO : Food and Agriculture Organization

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile

JORA : Journal officiel république algérienne

MG : Matière Grasse

MP : Matière Protéique

NF : Norme Français

OGA : Oxytetracycline- Glucose yeast Extract Agar.

PCA : Plate Count Agar

UFC : Unité Formant Colonies

Liste des tableaux

Tableau I	Classification des fromages selon le type de pâte et selon le taux de matière sèche.
Tableau II	Macronutriments et vitamines de quelques types des fromages dans 100g
Tableau III	Minéraux et oligo-éléments (mg par 100 g)
Tableau IV	Composition chimique des huiles essentielles de thym
Tableau V	Composition chimique de l'huile essentielle de romarin
Tableau VI	Composition chimique des huiles essentielles d'origan
Tableau VII	Composition des huiles essentielles de la lavande
Tableau VIII	Analyses physicochimiques du lait cru et des fromages
Tableau IX	Codage des échantillons à déguster
Tableau X	Résultats des analyses physico chimiques du lait cru
Tableau XI	Teneur en matière grasse des fromages élaborés
Tableau XII	Résultats des analyses microbiologiques de lait
Tableau XIII	Résultats des analyses microbiologiques des fromages
Tableau XIV	Moyennes ajustées par produit

Liste des figures

Figure 1	Schéma de base de fabrication du fromage
Figure 2	<i>Thymus vulgaris</i>
Figure 3	Romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i>)
Figure 4	L'Origan (<i>Origanum vulgare</i>)
Figure 5	<i>L. officinalis</i> , (Lamiaceae)
Figure 6	Diagramme de fabrication du fromage
Figure 7	Evolution du pH du fromage aromatisé et du fromage témoin
Figure 8	Evolution de l'acidité des fromages élaborés au cours de l'affinage
Figure 9	Evolution du taux de sucres lors de la maturation
Figure 10	Concentration des composés phénoliques des fromages élaborés
Figure 11	Pourcentage d'inhibition des fromages enrobés
Figure 12	Variation du taux d'humidité des fromages enrobés
Figure 13	Variation du taux d'extrait sec total des fromages enrobés
Figure 14	Taux de cendres des fromages enrobés
Figure 15	Teneur en NaCl des fromages enrobés
Figure 16	Pouvoir discriminant par descripteur
Figure 17	Corrélations entre les variables et les facteurs
Figure 18	Courbe de niveau et carte de préférence.

Introduction

Le fromage est une technologie préhistorique pour préserver les composants solides du lait, étant un produit alimentaire largement répandu avec de grandes propriétés nutritionnelles, destiné à la consommation à toutes les saisons (**Hickey, 2017**). Il contient des acides aminés indispensables qui ne peuvent pas être synthétisés par notre organisme et il est riche de protéines, de minéraux et de vitamines. Il occupe une place très importante dans la nutrition humaine, avec des caractéristiques chimiques et microbiologiques remarquables (**Harmankaya et Harmankaya, 2020**).

En raison de l'intérêt des consommateurs pour les produits alimentaires qui ont des avantages pour la santé, la recherche d'aliments "fonctionnels" a augmenté, ce qui a encouragé l'innovation et le développement de nouveaux aliments (**Azambuja et al., 2013**).

En Algérie, le secteur des fromages et des produits laitiers revêt une grande importance. Actuellement les algériens considérés comme l'un des plus importants consommateurs de fromages et de produits laitiers à l'échelle mondiale, en 2018, les produits laitiers constituaient 16% des importations alimentaires de l'Algérie, Le gouvernement envisage de contrôler les importations et de favoriser le développement de la production laitière locale, afin de diminuer toutes les importations de produits laitiers (**Algérie Part, 2021**).

Depuis des siècles, les plantes sont employées de manière traditionnelle dans la fabrication du fromage, que ce soit pour leurs qualités aromatiques ou en tant qu'auxiliaires technologiques, comme les préparations d'enzymes pour la coagulation du lait ou les emballages de fromage (**Dupas et al., 2020**). Les plantes renferment diverses substances biologiquement actives dotées de propriétés antibactériennes, antifongiques, antiparasitaires, antioxydants et anti-inflammatoires, et les plus connues sont issues de la région méditerranéenne. Leurs propriétés antimicrobiennes, souvent attribuées aux huiles essentielles, peuvent jouer un rôle crucial dans la prévention et le ralentissement de la dégradation des aliments, prolongeant ainsi leur durée de conservation et offrant une alternative potentielle aux conservateurs chimiques (**Zdolec et al., 2024**).

Les plantes sont traditionnellement utilisées de différentes façons dans la fabrication du fromage. Une méthode consiste à ajouter les plantes directement dans le lait avant la fabrication, puis à les mélanger à la pâte de fromage dès le début de l'affinage pour infuser une saveur unique. Une autre technique emploie des extraits de plantes pour coaguler le lait. Par exemple, certaines variantes de la Jonchée Niortaise utilisent des coagulants végétaux, comme la fleur de chardon, à la place de la présure. Une autre approche consiste à enrober les fromages d'herbes ou d'épices broyées, comme l'ail ou le romarin, après la coagulation, pour rehausser leur goût (**Dupas et al., 2020**).

L'objectif de notre travail est l'élaboration d'un fromage à pâte molle aromatisé avec des plantes médicinales et aromatiques dans le but de lui donner un arôme naturel et des propriétés antioxydants.

Dans notre étude nous avons d'abord donné des généralités sur les fromages, et quelques herbes aromatiques. Ensuite, la phase expérimentale implique de préparer le fromage et l'enrober dans des herbes aromatiques sélectionnées. Après avoir réussi à obtenir le fromage, nous avons procédé à des analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles.

Partie Bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les fromages

I.1. Historique

Le fromage, est généralement considéré comme l'un des aliments les plus anciens, avec des origines qui remontent à environ 10 000 avant J-C (**Lucey, 2008**). Il a joué un rôle central dans de nombreuses cultures, bénéficiant d'une longue histoire de production et de consommation (**Grasso et al., 2023**). Les découvertes d'ustensiles et de récipients utilisés dans la fabrication du fromage lors de fouilles archéologiques à travers le monde, notamment en Égypte, en Mésopotamie et dans le bassin méditerranéen, témoignent de l'ancienneté de ces pratiques de fermentation. Le fromage était déjà un mets apprécié pendant les périodes grecque et égyptienne, et son art a été perfectionné par les Romains, qui ont développé différentes variétés (**Leksir et al., 2019**). Depuis les temps anciens des Pays-Bas, les Hollandais se sont distingués en tant qu'exportateurs de fromage, des textes anciens des Pays-Bas faisant référence à la production et à l'exportation de ce produit laitier. Du XIXe siècle à nos jours, le fromage a évolué dans l'ère scientifique et technologique, devenant l'un des produits laitiers les plus populaires à l'échelle mondiale (**Eck et Gillis, 1997**).

I.2. Définition du fromage

Le fromage, selon le codex alimentaire, est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine ne dépasse pas celui du lait. En général, les diverses sortes de fromage sont fabriquées à partir de lait provenant d'une variété d'espèces animales comme les vaches, les buffles, les moutons et les chèvres. Chaque type de lait apporte ses propres caractéristiques au fromage, ce qui donne naissance à des fromages ayant des compositions nutritives, des couleurs, des saveurs et des textures variées (**Rashidinejad et al., 2017**).

I.3. Etapes de fabrication

La majorité des régions ont élaboré leurs propres techniques pour préparer le fromage, mais le principe fondamental de sa fabrication reste similaire : la coagulation du lait et la séparation du caillé du lactosérum (**Rashidinejad et al., 2017**).

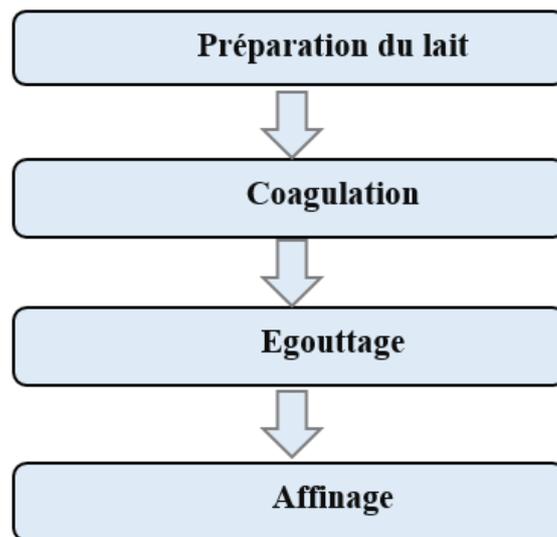


Figure 1: Schéma de base de fabrication du fromage (Eck et Gillis, 1997).

I.3.1 Préparation du lait

La nécessité de standardiser le comportement technologique des matières premières, de garantir la cohérence de la qualité des produits fabriqués, de répondre aux normes d'hygiène et d'améliorer les rendements nécessite une préparation spécifique du lait, comprenant une série de traitements, ajustements et corrections (Eck et Gillis, 1997).

Ainsi selon Khanal *et al.*, (2019) le lait passe par un processus de filtration ou de centrifugation visant à éliminer les impuretés et les particules en suspension ; un traitement à température élevée et court temps à 72°C pendant 15 secondes est couramment utilisé pour la pasteurisation continue, employée dans le but d'éliminer les micro-organismes pathogènes et nuisibles présentes dans le lait.

Pendant cette étape également, le lait est ajusté pour atteindre le niveau souhaité de matières grasses (Fox, 2011). Avant la maturation, des additifs tels que des colorants et des sels (comme le chlorure de calcium et le nitrate de sodium) sont incorporés. Il est essentiel de mélanger de manière uniforme ces additifs dans le lait, souvent préalablement préparés en solution ou parfois sous forme de sel sec (Scott *et al.*, 1998).

I.3.2 Coagulation

La coagulation du lait, qui aboutit à la création d'un gel, est le produit de changements physico-chimiques qui surviennent au niveau des micelles de caséines (Eck et Gillis, 1997).

Ainsi la formation du gel peut se réaliser par deux mécanismes différents : la coagulation acide ou la coagulation enzymatique (présure).

I.3.3 Egouttage

L'égouttage ou (synérèse) ; peut être défini comme le processus au cours duquel le lactosérum est progressivement séparé d'un coagulum resté en repos. Les gels formés par voie acide, montrent une perméabilité accrue et une meilleure expulsion du sérum par rapport aux gels obtenus par voie enzymatique. De plus, ils présentent une propension plus marquée à l'égouttage spontané. Néanmoins, avec des actions physiques et chimiques adéquats, il est possible d'égoutter ces derniers de manière plus efficace que les premiers (**Eck et Gillis, 1997**).

I.3.4 Salage

Dans la plupart des fabrication le processus de salage intervient entre la phase de coagulation et celle de l'affinage (**Eck et Gillis, 1997**).

Le salage du fromage peut être effectué de deux manières différentes. La première méthode consiste à incorporer du sel sec en le mélangeant avec de petits morceaux de pâte à fromage fraîche. Ces morceaux sont obtenus en frittant ou en brisant des blocs de fromage plus grands, comme cela est fait pour les fromages de type Cheddar, avant de les mouler et de les presser.

La seconde approche implique d'immerger le fromage dans une saumure, cette immersion a lieu après le moulage du fromage, ensuite laissé dans la saumure pendant une période spécifiée (Edam, Gouda, Camembert).

Pour les fromages bleus, une méthode courante de salage est le salage à surface sèche, où du sel sec ou une bouillie de sel est appliqué sur la surface du caillé moulé (**Patrick et al., 2017**).

I.3.5 Affinage

Selon le codex alimentaire le fromage affiné est un fromage qui n'est pas prêt à la consommation peu après sa fabrication, mais qui doit être maintenu pendant un certain temps à la température et dans les conditions nécessaires pour qu'ils s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage.

L'affinage du fromage est un processus impliquant une transformation biochimique des composants du caillé, Cette transformation, comprenant des réactions telles que la protéolyse et d'autres processus spécifiques au fromage (est principalement influencée par des enzymes d'origine microbienne). Ces réactions contribuent à la création des textures et des arômes recherchés (**Eck et Gillis, 1997 ; Khanal et al., 2019**).

I.4. Classification des fromages

L'un des aliments le plus fascinants, le plus complexes et le plus diversifiés à savourer aujourd'hui est le fromage. L'écosystème du fromage se compose de trois éléments : les agents de maturation, comprenant des enzymes et des micro-organismes ; la composition du fromage frais, ainsi que les conditions environnementales pendant le processus d'affinage. Ces éléments influent non seulement sur la qualité sensorielle du produit fini de fromage, mais également sur la vaste gamme de fromages fabriqués à travers le monde (**Almena-Aliste et Mietton, 2014**). Il n'y a pas de liste complète des types de fromage. Il est estimé qu'il y a plus de 1000 variétés (**McSweeney *et al.*, 2017**).

La classification des fromages (selon le type de pâte et selon le taux de matière sèche) conformément à **Vuillemard, (2018)** est présentée dans le tableau ci-dessous I.

Tableau I: Classification des fromages selon le type de pâte et selon le taux de matière sèche.

Paramètres de classifications	Classes	Fromage
Types de pates	Pâte fraîche	Petit suisse
	Pâte molle	Camembert
	Pâte filée	Mozzarella
	Pâte pressée	Gouda
	Pâte ferme non cuite	Cheddar
	Pâte ferme cuite	Emmental
Taux de matière sèche	25-30%	Cottage
	45-50%	Bleu roquefort Munster
	50-55%	Tomme de Savoie
	62-65%	Gruyère Cantal Suisse

I.5. Valeur et intérêt nutritionnel

I.5.1. Valeur nutritionnelle

Le fromage, qui est le produit laitier le plus consommé, s'est révélé être un aliment très nutritif (Velciov *et al.*, 2018). Ce produit laitier présente une concentration élevée de protéines, de matières grasses, de minéraux, ainsi que d'autres éléments mineurs tels que des vitamines et des peptides (tableau II et III) (Rashidinejad *et al.*, 2017).

Tableau II: Macronutriments et vitamines de quelques types de fromages dans 100g (Patrick *et al.*, 2017).

Fromage	Eau (g)	Protéine (g)	Matière grasse(g)	Cholestérol (mg)	Vitamine B12 (µg)	Vitamine B6 (µg)	Rétinol (µg)
Fromage frais	77.9	6.8	7.1	25	1.4	0.10	100
Camembert	50.7	20.9	23.7	75	1.1	0.22	230
Emmental	35.7	28.7	29.7	90	2.0	0.09	320
Gouda	40.1	24.0	31.0	100	1.7	0.08	245
Roquefort	41.3	19.7	32.9	90	0.4	0.09	295
Ricotta	72.1	9.4	11.0	50	0.3	0.03	185

Tableau III : Minéraux et oligo-éléments (mg par 100 g) (Fox *et al.*, 2017).

Fromage	Ca	Fe	Mg	Zn	k	P	Na
Fromage frais	89	0.1	8	0.3	110	110	31
Camembert	350	0.2	21	2.7	100	310	650
Emmental	970	0.3	35	4.4	89	590	45
Gouda	740	0.1	38	1.8	91	490	910
Roquefort	530	0.4	33	1.6	91	400	1670
Ricotta	240	0.4	13	1.3	110	170	100

I.5.2. Intérêt nutritionnel et effets sur la santé

La consommation de fromage contribue à la croissance et au développement du corps humain grâce à sa forte concentration en acides aminés essentiels. De plus, le fromage pourrait prévenir le développement du syndrome métabolique en influençant la synthèse du cholestérol dans le foie.

En fournissant non seulement du calcium mais aussi des éléments tels que le phosphore, le zinc et le magnésium. Le fromage est reconnu pour ses effets bénéfiques sur la santé, ces composants contribuent à protéger contre la carie dentaire et des affections telles que l'ostéoporose (**Rashidinejad *et al.*, 2017**).

Chapitre II

Les herbes aromatiques

II.1. Le thym

II.1.1 Définition et description

Le Thym, fait partie de la famille des Lamiaceae voir la figure 2, il contient environ 400 espèces de plantes herbacées aromatiques pérennes, éternelles ou semi-éternelles avec de nombreuses sous-espèces, variétés, sous-variétés et formes (**Borugă et al., 2014**). Les espèces sont communes et répandues dans les régions tempérées et froides du Vieux Monde, étant originaires de l'Europe méridionale et répandues principalement dans la région méditerranéenne (**De Martino et al., 2009**).

Le thym peut atteindre une hauteur de 40 cm, avec des tiges quadrangulaires très ramifiées et tortueuses à la base. Les feuilles ont une taille réduite, sont sessiles, opposées, lancéolées ou linéaires, elles sont velues et fortement enroulées sur les bords du limbe. On regroupe les fleurs zygomorphes, mellifères, avec un calice très velu et une corolle bilabée rose violacé ou blanchâtre (**Lorrain, 2019**).



Figure 2: Thymus vulgaris (**Anonyme 1, 2013**).

II.1.2. Composition chimique

La composition principale du thym est une multitude de composés chimiques et d'huiles essentielles (tableau IV), les flavonoïdes et les antioxydants phénoliques présents dans le thym sont nombreux, tels que la zéaxanthine, la lutéine, la pigénine, la naringénine, la lutéoline et la thymonine (**Hammoudi Halat et al., 2022**).

Dans le thym, la quantité minimale d'huiles essentielles est de 12 mL/kg, mais la composition chimique présente des variations en fonction de divers facteurs, tels que l'environnement, la région de croissance et les méthodes de culture (**Borugă et al., 2014**).

Le thym frais possède des taux d'antioxydants élevés, étant donné sa richesse en minéraux et en

vitamines, qui sont indispensables pour maintenir une santé optimale (**Hammoudi Halat et al., 2022**).

Tableau IV : Composition chimique des huiles essentielles de thym (**Hammoudi Halat et al., 2022**).

Composant	Teneur (%)
Thymol	54.26
γ-terpinène	9.50
p-cymène	7.61
Carvacrol	4.42
α-terpinène	2.36

II.1.3. Effets thérapeutiques

Des recherches ont démontré les propriétés thérapeutiques du thym et de ses huiles essentielles, notamment le thymol et le carvacrol, pour traiter différentes affections. On peut expliquer cela par ses multiples propriétés pharmacologiques, qui incluent, mais ne se limitent pas à, des effets antioxydants, anti-inflammatoires et antinéoplastiques. De plus, le thym a été largement reconnu pour ses propriétés antivirales, antibactériennes, antifongiques et antiseptiques, ainsi que pour sa capacité à perturber de manière remarquable les biofilms microbiens. Pendant la période du COVID-19, certains constituants du thym ont été étudiés pour leur potentiel de liaison virale (**Hammoudi Halat et al., 2022**).

Il est utilisé aussi pour traiter la toux, les rhumes, la bronchite, l'inflammation des voies respiratoires supérieures et les troubles gastro-intestinaux. Il est appliqué localement contre la muqueuse dans l'inflammation de la bouche et de la gorge et le traitement des blessures mineures (**Charles, 2013**)

II.1.4. Applications et utilisations dans l'industrie alimentaire

Lorsque le thym est ajouté aux aliments, il est possible d'améliorer certaines caractéristiques, comme les conditions de stockage, la composition et l'activité antimicrobienne en raison de ses propriétés conservatrices. En outre, la présence d'antioxydants et de micronutriments dans le thym peut réduire la bioactivité du produit alimentaire.

L'utilisation des extraits végétaux tels que les huiles essentielles servent à préserver les aliments, accroître leur capacité à lutter contre les bactéries et améliorer leurs caractéristiques gustatives. Le thymol, principal constituant de l'huile essentielle du thym, est connu pour son activité antioxydante, anti-inflammatoire et antimicrobienne. Sa présence dans les aliments peut substituer ou diminuer l'emploi d'additifs artificiels nocifs. (**Hammoudi Halat *et al.*, 2022**).

II.2. Le romarin

II.2.1. Définition et description

Le romarin est une plante qui a des vertus médicinales et qui est cultivée à travers le monde. En plus de ses propriétés thérapeutiques, il est fréquemment employé comme condiment et agent de conservation alimentaire (**Oliveira *et al.*, 2019**).

Le romarin est une plante éphémère, dense, aromatique et pérenne, pouvant atteindre une hauteur de 2 mètres voire la figure 03. Il possède des feuilles ramifiées, collantes et étroites, d'un vert brillant au-dessus, avec des marges enroulées et densément poilues au-dessous. Les branches sont rigides tandis que le tronc est de forme carrée, Les fleurs sont petites, pâle violet ou bleuâtre, se présentent en cymes pendant la floraison (**Charles, 2013**).



Figure 3: Romarin (*Rosmarinus officinalis*) (**Anonyme 2, 2004**).

II.2.2. Composition chimique

Le romarin renferme de nombreux antioxydants tels que le carnosol, l'acide carnosique, acide ursolique et l'acide rosmarinique ainsi que l'huile essentielle (**Rašković et al., 2014**).

L'huile essentielle de romarin est un liquide incolore ou jaune pâle, avec odeur caractéristique de la plante, et se compose principalement des monoterpènes tels que le 1,8-cinéole (Eucalyptol), le camphre et l' α -pinène (**Rašković et al., 2014**). La composition en pourcentage des huiles essentielle du romarin est présentée dans le tableau V.

Tableau V : Composition chimique de l'huile essentielle de romarin (**Rašković et al., 2014**).

Composant	Teneur (%)
Eucalyptol	43.77
camphre	12.53
α -pinène	11.51
β -pinène	8.16
camphène	4.55

II.2.3. Effets thérapeutiques

Le romarin est constitué de molécules bioactives appelés les phytoconstitués, qui jouent un rôle dans la réalisation de diverses actions pharmacologiques, telles que les activités anti-inflammatoires, antioxydants, antimicrobiennes, antiprolifératives, antitumorales et protectrices (**de Oliveira et al., 2019**).

L'utilisation de l'huile de romarin en aromathérapie chez l'homme est liée à des modifications de l'état d'esprit et à des niveaux physiologiques d'anxiété et de vigilance. Alors que l'utilisation de l'huile de romarin par voie orale et de l'extrait de romarin a révélé des effets antidépresseurs dans divers modèles in vivo (**Singletary, 2016**).

Le romarin a un effet significatif sur la santé des vaisseaux sanguins en réduisant la réactivité des plaquettes et la création de caillots sanguins dans les artères (**Jiang, 2019**).

II.2.4. Applications et utilisations dans l'industrie alimentaire

L'huile essentielle de romarin extrait des feuilles de la plante est riche en composés actifs tels que l'acide rosmarinique, le carnosol et l'acide carnosique, qui peuvent inhiber la croissance des micro-organismes, de plus elle contient des polyphénols qui peuvent améliorer la capacité antioxydante de la conservation des aliments (**Yang *et al.*, 2023**).

L'huile essentielle de romarin augmente le temps de conservation des fromages comme le fromage Minas Frescal et la mozzarella par l'inhibition de la croissance microbienne, il agit comme un agent antimicrobien contre les *Listeria monocytogenes*, neutralisant les radicaux libres et inhibant l'oxydation des acides gras insaturés (**Aziz *et al.*, 2022**).

II.3. L'origan

II.3.1. Définition et description

On retrouve l'origan parmi les plantes aromatiques les plus répandues à travers le monde.

En raison de sa qualité exceptionnelle et de sa forte teneur en huile essentielle. (**Skoufogianni *et al.*, 2019**).

La famille des Lamiaceae comprend cette herbe et son espèce principale est l'*Origanum vulgare*. Le nom *Origanum* est dérivé du nom grec de la plante (*origanon*), qui dérive des mots grecs (*oros* = montagne) et (*ganos* = luminosité, beauté). En effet, l'origan pousse à des altitudes de 400-1800 mètres et dans des régions ensoleillées (**Sakkas et Papadopoulou, 2017**).

Généralement, les plantes d'origan atteignent une hauteur de 20 à 90 cm et se distinguent par des feuilles en forme d'œufs de 10 à 40 mm de long et de 5 à 25 mm de large. Les feuilles ont une extrémité plus large à la base, avec des bords lisses ou très superficiellement dentés, et les extrémités des feuilles peuvent varier de l'acide à la forme ronde. (**Skoufogianni *et al.*, 2019**)



Figure 04 : L'Origan (*Origanum vulgare*) (Anonyme 3, 2020).

II.3.2. Composition chimique

En ce qui concerne la composition chimique, des études ont été réalisées sur les différentes espèces d'Origan provenant de différents pays, les classes principales de principes actifs suivantes ont été dévoilées : huile essentielle (contenant des composés tels que le carvacrol, le thymol, le linalool et le p-cymène), polyphénols (flavonoïdes et acides phénoliques) et stérols (Oniga *et al.*, 2018).

Tableau VI: Composition chimique des huiles essentielles d'origan (Baratta *et al.*, 1998)

Composant	Teneur (%)
Thymol	32,4
Carvacrol	16,7
p-cymène	11,5
γ -Terpinene	10,4

II.3.3. Effets thérapeutiques

Depuis les temps anciens, l'origan a été couramment employé en raison de ses effets carminatifs, gastriques, emménagogues et expectorants, afin de soigner les crampes, les flatulences, la toux ou les troubles menstruels (Oniga *et al.*, 2018).

Cette plante est considérée comme une plante médicinale en raison de ses propriétés antimicrobiennes, antifongiques et antioxydantes, ainsi que de sa capacité à inhiber la croissance des bactéries. L'huile essentielle d'origan est également couramment utilisée en tant qu'antispasmodique et antiseptique (**Gonçariuc *et al.*, 2015**).

II.3.4. Applications et utilisations dans l'industrie alimentaire

L'industrie alimentaire utilise l'origan en raison de ses propriétés bactériostatiques qui permettent de prolonger la durée de conservation des aliments, de réduire ou d'éliminer les bactéries pathogènes, tout en améliorant la qualité globale des produits alimentaires. Il peut également améliorer la stabilité de stockage grâce à des composants actifs, y compris les phénols, les alcools, aldéhydes, les cétones, les éthers et les hydrocarbures (**Tajkarimi *et al.*, 2010**).

Il possède des propriétés antioxydants dans les aliments et *in vivo*, ainsi que l'inhibition des bactéries pathogènes provenant des aliments et des animaux susceptibles d'être traités avec des antibiotiques et résistants aux antibiotiques, des virus, des champignons pathogéniques, des parasites, des insectes *in vitro* et dans les denrées alimentaires humaines (comme le jus de pomme, les œufs, les légumes à feuilles, les produits de viande et de volaille, le lait, les Huîtres) et les alimentations pour animaux (**Skoufogianni *et al.*, 2019**).

II.4. La lavande

II.4.1. Définition et description

La lavande est une plante de la famille des Lamiaceae qui est réputée pour ses vertus médicinales. *Lavandula* est le genre des bords de la Méditerranée, de l'Europe méridionale à l'Afrique du Nord, du Moyen-Orient, de l'Asie du Sud-Ouest et de l'Inde occidentale. On connaît plusieurs centaines d'hybrides, plusieurs dizaines de sous-espèces et plus de 30 espèces (**Batiha *et al.*, 2023**).

La lavande croît dans une masse compacte et homogène jusqu'à 40-60 cm de haut. Le tronc est à base d'arbre et la partie supérieure est verte. Les feuilles de la lavande sont linéaires ou lancéolées, ondulées à la base et très ramifiées (figure 09). Les fougères de lavande forment un anneau au sommet de la tige et fleurissent en épines (**Batiha *et al.*, 2023**).



Figure 05 : *L. officinalis*, (Lamiaceae) (**Diass *et al.*, 2023**)

II.4.2. Composition chimique

Il existe une grande diversité génétique de la lavande qui pourrait être l'origine des variations de composition dans les huiles essentielles (tableau VII). Outre la diversité génétique, les différentes conditions climatiques affectent également la composition (**Diass *et al.*, 2023**).

Tableau VII : composition des huiles essentielles de la lavande (**Diass *et al.*, 2023**).

Composant	Teneur (%)
Linalool	14.93
Camphre	14.11
Acétate de linalyle	11.17
Eucalyptol	10.99

II.4.3. Effets thérapeutiques

La lavande était couramment employée en aromathérapie par inhalation. La plupart des études étudiées ont démontré une efficacité significative de la lavande dans la diminution de l'anxiété et de la douleur, ainsi qu'une amélioration de la qualité du sommeil et des signes vitaux (**Mardani *et al.*, 2022**).

Depuis des siècles, l'huile essentielle de la lavande a été employée dans le domaine médical pour traiter diverses affections, comme les ulcères, la calvitie, les rhumatismes et les douleurs nerveuses. Il est aussi conseillé contre le rhume, la toux et la diarrhée, ainsi que contre les troubles respiratoires (asthme) (**Diass et al., 2023**).

II.4.4. Applications et utilisations dans l'industrie alimentaire

Les huiles essentielles de lavande sont présentes dans plusieurs parfums, cosmétiques et produits chimiques ménagers. L'eau de toilette, de la Cologne, des lotions et de l'after shave est unique, tandis que les produits de nettoyage domestique dégagent une odeur fraîche et propre (**Batiha et al., 2023**).

Dans le domaine de l'alimentation et de la cuisine, on peut utiliser des boutons de lavande ou des huiles essentielles comme arômes, et il peut être utilisé pour prévenir la détérioration des aliments ou intégré dans les emballages en raison de ses propriétés antimicrobiennes (**Crişan et al., 2023**).

II.5. Enrobage des fromages avec les plantes

La pratique de l'herbe et de l'épice dans la production du fromage est très courante depuis l'Antiquité certains fromages sont traditionnellement enrobés d'herbes ou d'épices broyées, comme l'ail, le poivre, la sauge, la ciboulette et le romarin. Parfois, la plante entière est appliquée directement sur la surface du fromage pour des raisons d'aromatisation et/ou d'esthétique (**Dupas et al., 2020**).

Et prévenir aussi la croissance des bactéries pathogènes (**Ritota et Manzi, 2020**). En France, le fromage de chèvre Banon est affiné dans des feuilles de châtaignier, dont la richesse en tanins et la fermentation anaérobie apportent des saveurs particulières. De manière similaire, Au Royaume-Uni, le Cornish Yarg est entouré de feuilles d'ortie ou d'ail sauvage, ce qui donne une croûte comestible et moisie (**Dupas et al., 2020**).

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

Ce travail qui s'est déroulé du 1 Avril au 30 Mai et dont l'objectif était l'élaboration d'un fromage à pâte molle aromatisé avec des plantes médicinales a été réalisé au niveau des laboratoires pédagogiques de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Abderrahmane Mira de Bejaïa.

I.1. Matériel végétal et biologique

- **Matériel végétal**

Le matériel végétal est constitué de quatre plantes aromatiques qui sont : thym (*Thymus vulgaris*), origan (*Origanum vulgare*), romarin (*Rosmarinus officinalis*) et la lavande (*Lavandula officinalis*). Les plantes fraîches sont achetées au marché local de la wilaya de Bejaïa sous forme de bouquets ; elles ont été triées et soigneusement nettoyées à l'eau distillée puis, séchées avec du papier absorbant.

- **Matériel biologique**

Le lait de vache a été collecté auprès des éleveurs de la région d'Amizour dans la wilaya de Bejaïa dans des conditions d'hygiène appropriées.

I.2. Préparation du fromage

Plusieurs essais fromagers ont été entrepris avant de fixer les paramètres pour une mise au point de la formulation fromagère finale dont les étapes proprement dites sont décrites succinctement dans la figure 06.

15 litres de lait ont été chauffé jusqu'à atteindre la température 32 à 34°C, puis des quantités de sel (23g/L) et de présure (200 µL/l) sont ajoutés.

Après 40-60 min, le lait se transforme en caillé, qui est coupé avec un couteau de façon longitudinale puis transversale, pour libérer le lactosérum après 10min de repos.

Dans un tissu propre le caillé est laissé s'égoutter environ deux heures, puis on récupère le fromage qui est enrobé en bouquets des plantes aromatiques.

Le fromage est laissé pour affinage pendant 28 jours à des températures de réfrigération de 10 à 15°C.

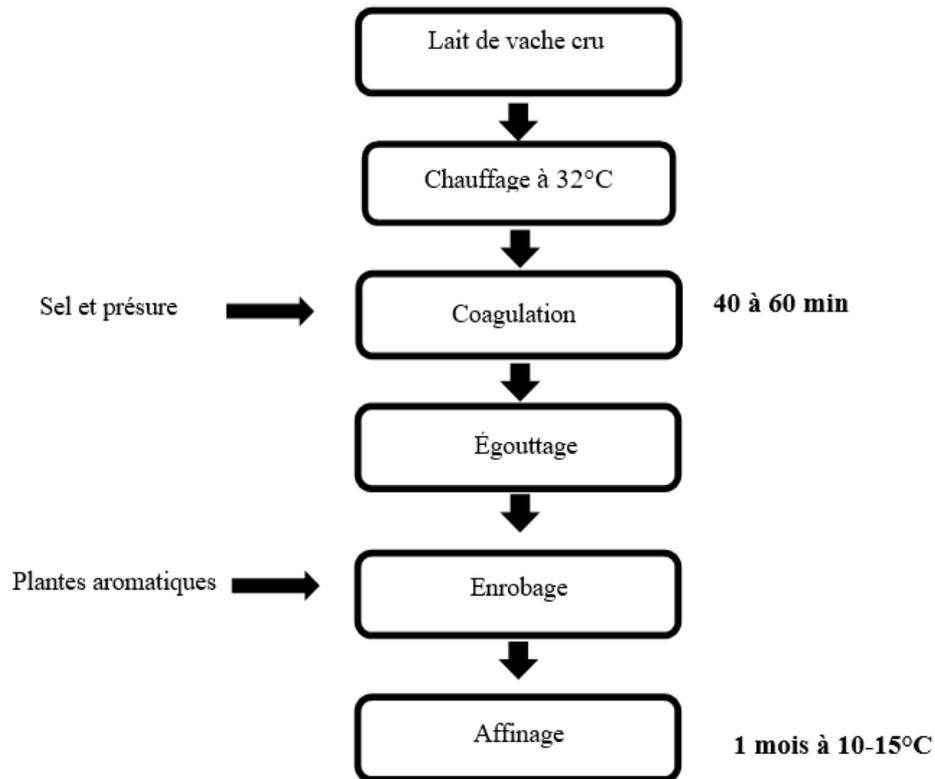


Figure 06 : Diagramme de fabrication du fromage

I.3. Analyses physico-chimiques

Avant la mise en œuvre du fromage en question, le lait ne subit aucun traitement thermique pour conserver intégralement sa flore bactérienne. C'est un lait frais qui est conservé au maximum quelques heures après la traite des animaux. Cependant, la vérification de la qualité de ce lait cru reste de rigueur. Plusieurs tests physico-chimiques ont donc été réalisés (tableau VIII).

Tableau VIII : Analyses physicochimiques du lait cru et des fromages.

Echantillons	Laboratoire	Paramètres physico-chimiques
Lait cru	Entreprise Candia	pH, acidité, densité, MG, MP, lactose, EST, ESD, point de congélation
Fromage	Entreprise Ramina	Teneur en matière grasse (MG)
	Laboratoire de microbiologie alimentaire	pH, acidité titrable, taux de protéines, taux de sucres, humidité, EST, cendres, activité antioxydante, teneur de polyphénols, chlorures.

I.3.1. Le pH

- Principe

Le pH est un indicateur de l'acidité ionique du produit à étudier, généralement mesuré à l'aide d'un pH-mètre (**Vassal, 1986**).

- Mode opératoire

Plonger l'électrode préalablement étalonnée dans un bécher rempli d'une suspension aqueuse constituée de 3 g d'échantillon et de 30 ml d'eau distillée. Attendre quelques secondes et lire directement la valeur indiquée affichée sur l'appareil (**Himed-Idir et al., 2021**).

I.3.2. Acidité titrable

L'acidité a été évaluée par titrage en suivant la méthode et la formule décrites par (**Shori et Baba, 2013**).

- Principe

L'acidité titrable désigne la mesure de la concentration totale des acides dans un aliment, également appelée acidité totale (**Sadler et Murphy, 2010**). C'est un titrage acido-basique caractérisé par la neutralisation de l'acide lactique par une solution de NaOH, en utilisant quelque goutte de la phénolphthaléine comme indicateur coloré.

- Mode opératoire

1 g de chaque échantillon de fromage a été écrasé dans un bécher. En ajoutant 10 ml d'eau distillée, on obtient une solution homogène. Ensuite, quelques gouttes de phénolphthaléine sont ajoutées. La solution est titrée avec du NaOH jusqu'à l'obtention d'une couleur rose claire ; le volume de ce dernier est noté.

L'acidité, calculée en pourcentage d'acide lactique, est déterminée en utilisant la formule suivante :

$$\text{Acidité titrable (\% d'acide lactique)} = \text{facteur de dilution} \times V \times N \times 0.009 \times 100$$

Facteur dilution : 10

V : Volume de NaOH utilisé pour le titrage, en millilitres (ml).

N : Normalité de la solution de NaOH (0,1).

0.009 : Facteur correspondant à l'acide lactique (poids équivalent d'acide lactique en grammes par millilitre de NaOH 0.1N).

100 : Facteur de conversion pour exprimer le résultat en pourcentage.

I.3.3. Teneur en sucres totaux

La méthode d'anthrone peut être aisément adaptée aux analyses courantes pour évaluer le taux de lactose (**Richards, 1959**).

- Principe

Avant d'entamer le dosage avec la méthode d'anthrone, il faut procéder à une défécation à l'aide de la méthode de Carrez qui sert à la déprotéinisation de l'échantillon. Le dosage avec la méthode d'anthrone repose sur l'ajout d'une quantité d'anthrone à l'extrait obtenu. Une couleur verte est produite lorsque les hydrates de carbone sont chauffés avec de l'anthrone (**Yemm et Willis, 1954**). Les densités optiques des solutions colorées sont alors lues à une longueur d'onde de 625 nm (**Richards, 1959**).

- Mode opératoire

A 0,5g d'échantillon écrasé dans un bécher, 0,5 ml de chaque réactif de Carrez (I et II) ont été ajoutés, on ajuste à 25 ml dans une fiole jaugée de 25 ml avec l'eau distillée, le mélange est mis au repos avant de sa filtration.

Après filtration et dilution au 1/10, 2 ml d'anthrone (0,2%) sont ajoutés à 1 ml de la dilution. Ensuite, le mélange a été chauffé au bain-marie à 100°C pendant 10min, avant de le refroidir. La lecture a été effectuée à 625 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (**Shields et Burnett, 1960**).

Pour déterminer le taux de sucres, une courbe d'étalonnage avec du glucose doit être tracée. Les résultats sont exprimés en équivalent mg de glucose par gramme d'échantillon.

I.3.4. Teneur en matière grasse

- Principe

Les protéines sont dégradées par l'acide sulfurique et la chaleur produite fait fondre la matière grasse. L'alcool iso-amylique aide à la séparation de la matière grasse (MG) de la phase aqueuse par centrifugation (**NF V 04-210**).

La matière grasse se sépare en couche claire dont les graduations du butyromètre révèlent le taux (**AFNOR, 1980**).

- Mode opératoire

3g de fromage ont été introduites dans un butyromètre, puis l'acide sulfurique est ajouté de manière à couvrir la masse de fromage. Les protéines sont dissociées dans un milieu acide et chaud à 65°C/5min. Après dissociation complète 1 ml d'alcool iso amylique ont été ajoutés.

La teneur en matières grasses est ensuite lue directement sur l'échelle du butyromètre (JORA, n° 67/2014).

I.3.5. Teneur en composés phénoliques

Les fromages ont été aromatisés avec des herbes aromatiques, qui sont riches en composés phénoliques. Pour cette raison, il est donc intéressant de connaître le taux de ces composés. la méthode décrite par **Zujko et Witkowska (2014)** a été adoptée.

- Principe

Le dosage des polyphénols totaux est basé sur la réaction d'oxydoréduction. Le réactif de Folin-Ciocalteu), est réduit lors de l'oxydation des polyphénols, en un mélange bleu. La coloration bleue produite est proportionnelle au taux de composés phénoliques présents dans le milieu réactionnel (**Gülçin et al., 2010**).

- Mode opératoire

0,5g de d'échantillon ont été macérés dans 10ml d'éthanol 70%, pendant deux heures, sous agitation à température ambiante, puis filtré.

0,2 ml de l'extrait ont été mélangés à 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu, Ensuite, 0,8 ml de carbonate de sodium ont été ajoutés. L'absorbance a été mesurée après 30 minutes à 765 nm (**Zujko et Witkowska, 2014**).

Les résultats sont exprimés en équivalents mg d'acide gallique (EAG) par gramme d'échantillon (**Zujko et Witkowska, 2014**).

I.3.6. Evaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante des fromages est déterminée selon la méthode de **Masmoudi et al., (2020)**.

- Principe

Le DPPH est généralement utilisé comme réactif pour évaluer l'activité de piégeage des radicaux libres des antioxydants. La solution de DPPH a une couleur violette profonde; ainsi, l'exposition à des piègeurs de radicaux entraîne une réduction significative du DPPH (**Gülçin et al., 2010**).

- Mode opératoire

0,5g de d'échantillon sont macérés dans 10ml d'éthanol 70%, pendant deux heures, sous agitation à température ambiante, avant filtration.

Ajouter 0,5 ml de DPPH dilué à 0,5 ml de l'extrait éthanolique. L'activité de piégeage des radicaux des composés antioxydants peut être mesurée par spectrophotométrie à 517 nm ; les résultats seront exprimés en pourcentage d'inhibition de réduction du DPPH par rapport au contrôle suivant l'équation :

$$\text{Activité de piégeage des radicaux (\%)} = [(\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}) / \text{Abs contrôle}] \times 100$$

I.3.7. Taux d'humidité

L'une des procédures analytiques les plus fondamentales et les plus importantes qui peuvent être effectuées sur un produit alimentaire est le taux d'humidité (**Bradley Jr et Vanderwarn, 2001**).

- Principe

L'humidité a été évaluée après avoir séché les échantillons à 105 °C jusqu'à ce que leur poids se stabilise selon la méthode de l'AOAC (AOAC 1995) cité par **Masmoudi et al., (2020)**.

- Mode opératoire

Placer la capsule sur la balance puis noter le poids affiché. Ensuite déposer l'échantillon à analyser, bien étalé, puis démarrer l'analyse en plaçant la capsule dans l'étuve à 105°C pendant 24h. La laisser refroidir dans un dessiccateur, et enfin peser tout de suite la capsule de nouveau.

L'humidité des échantillons du fromages est calculé à l'aide de la formule cité par **Nielsen et Bradley, (2010)** :

$$\text{Humidité (\%)} = (\text{poids d'échantillon humide} - \text{poids d'échantillon sec}) / \text{poids d'échantillon humide} \times 100$$

I.3.8. Teneur en extrait sec total

- Principe

La matière sèche qui reste après l'élimination de l'humidité est communément appelée matières sèches totales (**Nielsen et Bradley, 2010**).

- Mode opératoire

Voir le mode opératoire de l'humidité. L'extrait sec total (EST) est exprimé selon la formule suivante :

$$\text{EST (\%)} = \text{poids de l'échantillon sec} / \text{poids de l'échantillon humide} \times 100$$

I.3.9. Taux de cendres

- Principe

La technique consiste à utiliser un four à moufle qui peut maintenir des températures de 500 à 600°C (Marshall, 2010). Les résidus inorganiques qui restent après l'inflammation ou l'oxydation totale de la matière organique d'une denrée alimentaire sont appelés cendres (Sadler et Murphy, 2010).

- Mode opératoire

A l'aide d'une balance analytique, 1g de fromage sont pesés dans un creuset taré, placer les creusets dans un four à moufle à environ 500 à 600°C pendant 5 heures, à l'aide d'une pince de sécurité transférer rapidement les creusets dans un dessiccateur, et peser les creusets après refroidissement (Marshall, 2010).

Le taux de cendres est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Taux de cendres(\%)} = \frac{(\text{poids après calcination} - \text{poids à vide du creuset})}{(\text{poids de l'échantillon original})} \times 100$$

I.3.10. Détermination des chlorures

le taux de sel présent dans nos échantillons de fromages est estimé à l'aide de la méthode de Mohr telle qu'elle est expliquée par Ward et Carpenter, (2010).

- Principe

Il s'agit d'un titrage des ions chlorures par le nitrate d'argent jusqu'à la partition de la teinte rouge brique qui n'apparaît que lorsque tous les ions chlorures sont complexés, (Ward et Carpenter, 2010).

- Mode opératoire

En ajoutant 50 ml d'eau bouillante à 5 g de chaque échantillon, on filtre le mélange. Ensuite, on ajoute 1 ml de solution de chromate de potassium et on titre avec du nitrate d'argent jusqu'à l'obtention d'une couleur rouge brique. On note le volume de nitrate d'argent utilisé (Ward et Carpenter, 2010). Pour calculer le taux de chlorures dans les échantillons en utilisant la formule suivante :

$$\text{Pourcentage de sel} = \frac{\text{ml } 0,1 \text{ N AgNO}_3 \times 0,585}{\text{prise d'essai en g}}$$

$$\text{ml} : \text{volume de titrage.} \quad \mathbf{0,585} : [58.5 \text{ g NaCl/mol}] / 100].$$

I.4. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques sont effectuées sur le lait cru et le fromage afin de vérifier l'innocuité de la matière première utilisée et celle de produit fini.

Le tableau I de l'annexe II représente les germes recherchés dans le lait et le fromage.

I.4.1. Préparation de la solution mère et les dilutions décimales

Pour chaque échantillon de fromage, 1 g sont pesés et dilués aseptiquement dans 9 ml d'eau physiologique stérile. Avant d'ensemencer les milieux de cultures, on effectue des dilutions en cascades (voire la figure en annexe III) de la solution de 10^{-1} jusqu'à 10^{-6} (Cambaztepe *et al.*, 2009).

I.4.2. Dénombrement de la Flore Totale Aérobie Mésophile

La Flore Totale Aérobie Mésophile (FTAM) est un indicateur sanitaire qui permet d'évaluer le nombre d'UFC (Unité Formant une Colonie) présentes dans un produit. Cette évaluation témoigne de la qualité microbiologique globale du produit (Ghazi et Niar, 2011).

- Principe

La FTAM est dénombrée sur la gélose PCA après ensemencement en profondeur et incubation 24 h à 30°C (Elhadj *et al.*, 2015).

- Mode opératoire

Dans une boîte de Pétri, on met 1 ml des dilutions les plus diluées, puis on ajoute le milieu PCA en surfusion et on homogénéise (Pour chaque dilution, deux boîtes sont utilisées).

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. Une fois l'incubation terminée, des colonies seront formées et chaque colonie est supposée être le résultat du développement d'une bactérie. On parle alors d'unité formant colonies (UFC).

I.4.3. Coliformes totaux

- Principe

Le dénombrement des coliformes a été réalisé sur milieu BLBVB (Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant) réparti à raison de 10 ml par tube à essais contenant une cloche de Durham Après incubation à 37 °C pendant 24 heures (Mbawala *et al.*, 2010).

- Mode opératoire

A l'aide d'une pipette stérile on prélève 1ml des dilutions, on ensemence deux tubes pour chaque dilution. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

I.4.4. Dénombrement d'*Escherichia coli*

Escherichia coli est considéré comme un indicateur d'hygiène, révélant une contamination éventuelle par des matières fécales (**Gérard *et al.*, 2022**)

- Principe

La recherche d'E. Coli a été réalisée dans le milieu EMB (éosine au bleu de méthylène) après incubation à 44°C pendant 24h à 48h. Les colonies présentant un reflet vert métallique ou fluorescent sur EMB sont comptées (**Rahmatallah *et al.*, 2017**).

- Mode opératoire

Deux boîtes de Petri pour chaque dilution sontensemencées par 1ml de dilution 10^{-2} et 10^{-3} , on ajoute le milieu EMB, et on homogénéise. L'incubation se fait à 44°C pendant 24 à 48 heures.

I.4.5. Dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus est un germe qui se trouve sur les muqueuses et la peau de la majorité des animaux à sang chaud. Il est parfois accusé d'être l'agent causal de la mammite chez l'animal en question (**El Marnissi *et al.*, 2013**).

- Principe

Au cours du dénombrement des staphylocoques, les échantillons ont été ensemencés dans le milieu Chapman. Après incubation à 37 °C pendant 24 à 48 h. Les staphylocoques forment en général de petites colonies rouges qui modifient la teinte du milieu (**Maiworé *et al.*, 2018**).

- Mode opératoire

1 ml de chaque dilution est dans le milieu Chapman à l'aide d'une micro pipette, ont ajout le milieu Chapman, avec deux boîtes par dilution. Celles-ci sont incubées à 37°C pendant 24 h.

I.4.6. Levures et moisissures

La présence de levures et de moisissures dans les aliments est fréquente, car elles peuvent être transmises par l'environnement et se retrouver dans le lait et les produits laitiers, ce qui entraîne une altération organoleptique (**El Marnissi *et al.*, 2013**).

- Principe

Les levures et les moisissures sont dénombrées dans la gélose de milieu OGA et incubées 3-5 jours à 25-30°C (**Elhadj *et al.*, 2015**).

- Mode opératoire

1 ml des dilutions estensemencé en masse, puis on ajoute la gélose OGA (Oxytétracycline Gélose Agar), à raison de deux boîtes pour dilution. L'incubation est réalisée à 25°C pendant 3-5 jours

I.5. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle, également appelée métrologie sensorielle, englobe toutes les techniques, les outils et les instruments utilisés pour évaluer les qualités organoleptiques d'un produit, c'est-à-dire les caractéristiques faisant intervenir les organes des sens de l'être humain : le goût, l'odorat, la vue, le toucher et l'ouïe. Elle offre la possibilité de décrire et de mesurer de manière systématique l'ensemble des perceptions humaines (**Lefebvre et Bassereau, 2003**).

Pour mieux comprendre les caractéristiques organoleptiques de notre fromage, un panel de dégustation formé de 10 personnes a été utilisé. Pour une performance optimale, les échantillons ainsi qu'un questionnaire sont fournis à chacun d'eux (Annexe IV et V). Les cinq échantillons sont codés comme indiquées dans le tableau IX.

Tableau IX : Codage des échantillons à déguster

Code	Indication
A	Fromage au thym
B	fromage à l'origan
C	fromage au romarin
D	Fromage Témoin
E	fromage à la lavande

Résultats et discussion

I.1. Analyses physico-chimiques du lait cru

Les résultats des analyses physico-chimiques du lait sont illustrés dans le tableau X.

Tableau X : résultats des analyses physico chimiques du lait cru

Paramètre	Résultats
MG (g/L)	29,92
MP (g/L)	29,21
Lactose (g/L)	42,27
EST (g/L)	111,66
ESD (g/L)	79,36
pH	6,59
Acidité (°D)	14,5
Densité	1,030
Point de congélation (°C)	-0,468

✓ D'après le tableau des analyses physicochimiques du lait cru, la teneur en matière grasse du lait collecté est de 29,92g/l, cette valeur est proche de celle publiée par **Bachtarzi et al., (2015)** sur la qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert qui est de 30.29 g/l. Ces valeurs restent faibles selon la norme FIL-AFNOR fixée entre 34 et 36 g de matière grasse par litre de lait. Ces résultats ont été obtenus au printemps lors de la mise en pâturage des animaux (les mois de Mars, Avril et Mai) et peut entraîner une chute très importante du taux butyreux mais la teneur en matière grasse du lait cru peut également varier considérablement en fonction d'autres facteurs, notamment la race des vaches, leurs âges, la période de lactation, leurs alimentations pauvres en sucres simples, mais aussi d'un léger écrémage (**Jarrige, 1953; Seddaoui et al., 2018**).

✓ Le taux de protéines dans le lait utilisé dans la fabrication des fromages est de 29,21g/L, cette valeur est inférieure à celle fixée par **JORA (1998)** qui a défini le seuil minimum des protéines dans le lait à 34g/L et contredit les observations qui confirment L'enrichissement en matières azotées lors de la mise à l'herbe entraîne une augmentation de la production de protéines dans la mamelle (**Jarrige, 1953**).

On conclue que le lait que on a utilisé dans la fabrication des fromages est faible en protéines. Cette carence est peut être due à une alimentation pauvre en protéines comme il est mentionné par **Hachana et al., (2018)**.

✓ La teneur en lactose du lait est de 42,27g/L, cette valeur du substrat de fermentation lactique est dans l'intervalle normal pour un lait cru qui est 40-50 g/L (**Labioui et al., 2009**). Ce résultat confirme également que le lait n'a pas subit de mouillage.

✓ En moyenne, un litre de lait cru contient près de 900 g d'eau et 130 g d'extrait sec, en proportion variable. Le lait utilisé présente un EST de 111,66 g/L, une valeur qui est légèrement plus basse que les normes publiées en 1998 par **AFNOR** (120 – 125 g/L). ainsi que celles enregistrées par **Mathieu (1998)** et **Matallah, et al., (2017)** d'une moyenne de 119 et 120g/L respectivement. Selon **Veisseyre (1975)**, ce sont les matières azotées du lait qui forment avec la matière grasse la presque totalité de la matière sèche du fromage. Ces variations sont influencées par les fluctuations des deux constituants : protéines et matières grasses.

Le lait est une combinaison complexe de plusieurs phases : une solution de lactose et de sels minéraux, une suspension de substances azotées, et une émulsion de matières grasses.

La proportion de ces nutriments, qui composent l'extrait sec total, peut varier largement (**Seddaoui et al., 2018**). Ainsi, notre analyse du lait montre une faible teneur en ces nutriments, ce qui signifie la faible teneur en extrait sec total.

✓ Il est remarquable que la teneur en ESD de notre lait, mesurée à 79,36 g/L, est inférieure à la valeur indiquée dans le **J.O.R.A.(1998)**, qui est de 90-95 g/L, et celle trouvée par **Hachana et al., (2018)**, d'une moyenne de 87,74 g/l, cette faible teneur peut être attribuée, selon la FAO (1995), aux rations peu énergétiques qui réduisent considérablement le pourcentage d'extrait sec dégraissé.

✓ La pH du lait cru utilisé dans la fabrication du fromage présente une valeur de 6,59, qui est dans l'intervalle donné par **Tapernoux (1928)** qui s'étend entre 6,5-6,8. L'acidité de lait qui est de 14,5°D incluse dans l'intervalle 13-17°D cité par **Lapointe-Vignola, (2002)**.

✓ La densité de notre lait est de 1,030 conforme à la norme FIL-AFNOR (1.030 - 1.032)cité par **Bachtarzi et al., (2015)**, et similaire à celle trouvé par **Seddaoui et al., (2018)** qui est de 1,03. La densité du lait est une caractéristique physique importante qui peut être utilisée pour détecter des fraudes, telles que l'ajout d'eau dans le lait.

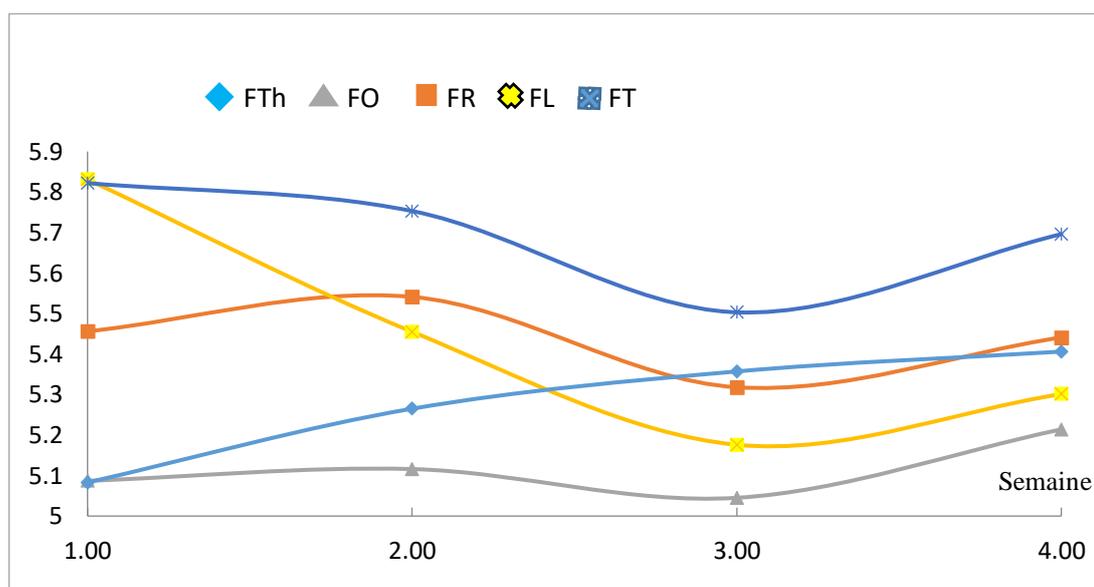
✓ Le point de congélation du lait est de -0,468°C, il est supérieur à celui donné par **Parciel et al., (1994)** qui doit et être compris entre -0,525 et -0,530°C, cette augmentation du point du

congélation enregistrée dans le lait qui on a utilisé, est peut être due à une dilution par l'eau (Kurwijila, 2006).

I.2. Analyses physico-chimiques du fromage

I.2.1. pH

Le pH du fromage a été mesuré une fois par semaine au cours de l'affinage des 4 catégories de fromages. On observe dans le graphique ci-dessous (figure 07) l'évolution du pH des 4 types de fromage.



FTh : fromage de thym, FO : fromage d'origan, FL : fromage de la lavande, FT : fromage témoin.

Figure 07 : Evolution du pH des fromages élaborés.

La figure 07 révèle l'évolution du pH au cours de l'affinage depuis la première à la quatrième semaine, montre que les valeurs de pH ont augmenté dans les échantillons de fromage du romarin, origan et thym lors de la deuxième semaine, contrairement à celui de lavande et du témoin. Les valeurs de pH la plus élevée mesurée la première semaine est 5,82 et la plus faible en fin d'affinage 5,04.

Seul le pH de fromage au thym a augmenté graduellement au cours des quatre semaines avec des valeurs de pH d'environ 0,1 unités par semaine. Cela est peut dû à une charge microbienne plutôt fongique (flore acidophile) que bactérienne qui réduit l'acide lactique. En effet, avec les temps prolongés d'affinage, les levures et les moisissures désacidifient le fromage par le métabolisme de l'acide lactique et du lactate en CO_2 et H_2O et par la désamination des acides

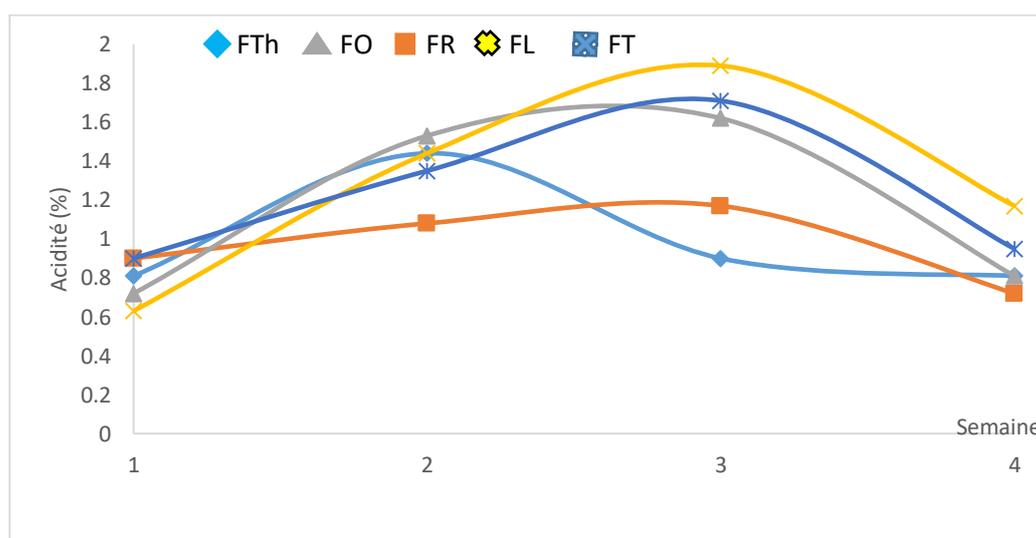
aminés et la production de NH_3 . Cela conduit à une augmentation du Ph du fromage (El-Sayed *et al.*, 2020).

Les valeurs de pH du fromage qui n'est pas enrobé par les plantes (le témoin) révèlent de façon évidente la faible biomasse microbienne initiale. Ce qui explique la différence dans l'évolution de son Ph.

A partir de la troisième semaine, le pH a augmenté pour tous les fromages, ce qui s'explique par l'inhibition de la flore microbienne et en particulier les bactéries lactiques responsables de l'acidification du fromage (Zantar *et al.*, 2014)

I.2.2. Acidité titrable

La figure ci-dessous (figure 08) représente les taux d'acidité des fromages élaborés.



FTh : fromage de thym, FO : fromage d'origan, FL : fromage de la lavande, FT : fromage témoin.

Figure 08 : Evolution de l'acidité des fromages élaborés.

Les courbes d'évolution de l'acidité au cours de l'affinage montrent une augmentation de l'acidité pour tous les fromages dès la première semaine. Cette augmentation se poursuit jusqu'à la troisième semaine, à l'exception du fromage enrobé de thym. En effet, pour ce dernier, on observe une diminution de l'acidité dès la deuxième semaine, passant de 1,44% à une acidité de 0,9% à la troisième semaine. Cette tendance à la baisse continue, atteignant une acidité de 0,81% à la fin de la maturation.

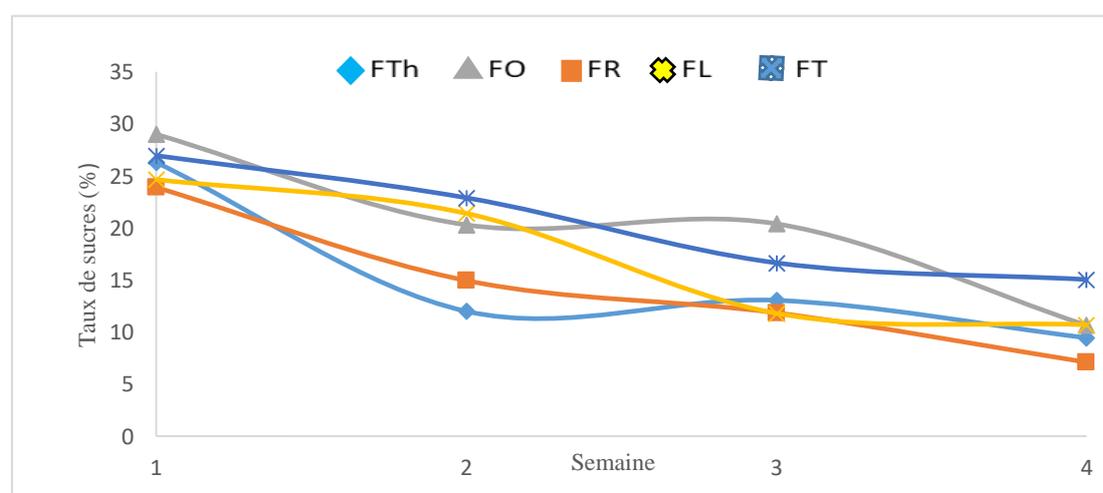
Pour les autres fromages (enrobés de romarin, d'origan, de lavande) et le témoin, après une augmentation de l'acidité jusqu'à la troisième semaine, une diminution a été observée par la suite. Les valeurs finales d'acidité sont respectivement de 0,72% pour le fromage au romarin, 0,81% pour celui à l'origan, 1,17% pour celui à la lavande, et 0,95 pour le témoin.

Des résultats similaires ont été observés par **Prieto *et al.*, (2002)** lors de l'affinage d'un fromage à base de lait cru de vache, où une augmentation de l'acidité a été enregistrée pendant la première semaine, atteignant une valeur de 1,43%. Par la suite, l'acidité a diminué au cours des jours suivants, atteignant une valeur de 0,75%.

L'augmentation de l'acidité observée pendant la première semaine est due à une concentration élevée d'acide lactique dans le milieu résultant de la dégradation de lactose par les microorganismes présents dans le fromage et dégradation des composants intermédiaires des protéines et des matières grasses (**El-Sayed *et al.*, 2020**). La diminution ultérieure de l'acidité s'explique par la formation de composés alcalins générés lors de la dégradation des protéines au cours de la maturation (**Prieto *et al.*, 2002**).

I.2.3. Teneur en sucres totaux

Les modifications biochimiques du fromage au cours de l'affinage peuvent être regroupées en événements primaires (lipolyse, protéolyse et métabolisme du lactose résiduel et du lactate et du citrate) ou secondaires (métabolisme des acides gras et des acides aminés).



FTh : fromage de thym, FO : fromage d'origan, FL : fromage de la lavande, FT : fromage témoin.

Figure 09 : Evolution du taux de sucres lors de la maturation.

Nous remarquons que la teneur en sucres dans tous les fromages diminue au cours des premiers stades de maturation jusqu'à épuisement en fin du temps de maturation. En effet, la plupart du sucre est éliminé dans le lactosérum sous forme de lactose ou d'acide lactique.

La diminution du taux de sucres totaux durant l'affinage peut être attribuée à l'activité bactérienne des levures et des moisissures, qui utilisent ces sucres pour leur croissance (Leclercq-Perlat *et al.*, 2004). Le lactate est un précurseur important pour une série de réactions, notamment la racémisation, l'oxydation ou le métabolisme microbien (McSweeney, 2004).

I.2.4. Teneur en matières grasses

Les résultats du taux de la matière grasse, dans les échantillons de fromage conservés pendant quatre semaines, sont représentés dans le tableau XI.

Tableau XI : Teneur en matière grasse des fromages élaborés.

Fromage	Thym	Lavande	romarin	origan	Témoin
MG (%)	26,5	27	23,5	24	26

D'après les données présentées dans le tableau XI, la teneur en matière grasse varie entre les différents fromages élaborés entre 23,5 et 27%. Le fromage enrobé de lavande présente la teneur en matière grasse la plus élevée avec 27%, suivi du fromage enrobé de thym avec 26,5%, puis du témoin avec 26%, et enfin du fromage enrobé d'origan avec 24%. La teneur la plus faible a été observée dans le fromage enrobé de romarin 23,5%. Lou et Ng-Kwai-Hang, (1992) ont trouvé une teneur en matière grasse d'un fromage à pâte molle (après 29 jours d'affinage) de 25,5%, une valeur qui est inférieure à celle des fromages enrobés de lavande, de thym et du témoin, mais supérieure à celle des fromages enrobés de romarin et d'origan.

Les variations observées dans les taux de matière grasse des fromages élaborés peuvent être expliquées par la perte de la matière grasse dans le lactosérum pendant le processus de fabrication (Lou et Ng-Kwai-Hang, 1992). selon Guinee et Fox, (1993), la teneur en matières grasses peut diminuer, notamment à des taux de salage élevés, si la température du caillé au moment du salage dépasse 32°C.

I.2.5. Teneur en composés phénoliques

La figure 10 indique la variation des taux des composés phénoliques des fromages élaborés au début et à la fin de la maturation.

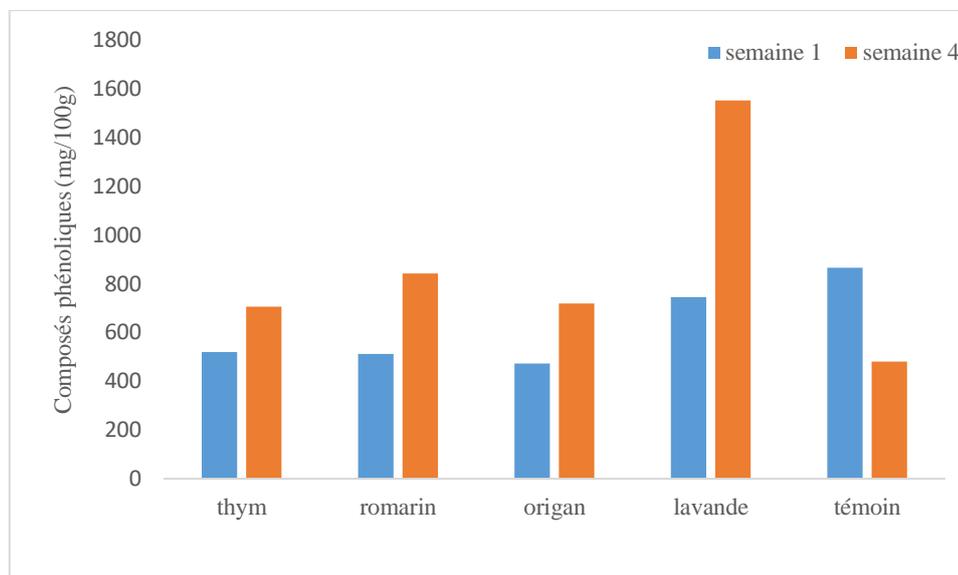


Figure 10 : Teneur en composés phénoliques des fromages élaborés.

A partir de l'histogramme ci-dessous nous remarquons que les taux de composés phénoliques des fromages enrobés de thym, l'origan et le romarin ont presque des taux similaires (518 mg EAG/100g, 473 mg EAG/100g et 512 mg EAG/100g respectivement) au début de la première semaine de maturation.

Le fromage enrobé par la lavande et le fromage témoin ont des teneurs en composés phénoliques supérieures à celles des fromages enrobés de (thym, l'origan et le romarin) qui sont de 744mg EAG/100g et 864mg EAG/100g respectivement, cette variation peut être due à la diffusion des substances aromatiques volatiles des feuilles et des fleurs de lavande fraîche dans la matrice fromagère, mais aussi au catabolisme et modifications de la structure des protéines qui peut libérer des composés phénoliques liés aux macro-composants du lait qui sont ensuite détectés par le Folin - Ciocalteu (**Rashidinejad et al., 2013**).

Après quatre semaines d'affinage, une légère augmentation en composés phénoliques a été observée, pour le fromage enrobé de thym (de 518 à 704 mg EAG/100g), l'origan (de 473 à 718 mg EAG/100g), le romarin (de 512 à 842 mg EAG/100g) et une augmentation remarquable pour le fromage enrobé de la lavande (744 à 1550 mg EAG/100g).

Cette augmentation peut être due à des composants phytochimiques et à certaines activités métaboliques microbiennes provenant des herbes ajoutées au fromage (**Kose et Ocak, 2020**).

La teneur en composés phénoliques du fromage témoin diminue de 864 à 479 mg/100g après quatre semaines d'affinage, cela est peut être dû à l'interaction des composés phénoliques avec les protéines et les graisses dans le fromage (**Giorgio et al., 2019**).

I.2.6. Evaluation de l'activité antioxydante

Les pourcentages d'inhibition du radical DPPH obtenus sont présentés dans l'histogramme de la figure 11.

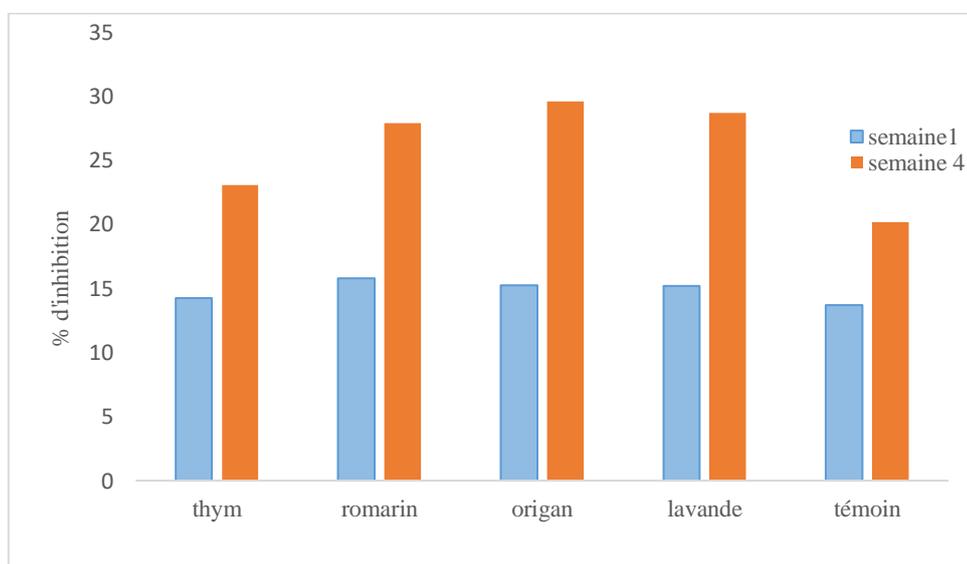


Figure 11 : Pourcentage d'inhibition des fromages élaborés.

Au début de la première semaine, le pourcentage d'inhibition du radical DPPH des fromages enrobés et du fromage témoin n'est pas considérablement différent d'après l'histogramme de la figure 16. Certains composants du lait, comme la caséine, possèdent des propriétés antioxydantes (**Giroux et al., 2013**).

Après quatre semaines, d'affinage on observe une augmentation du taux d'inhibition du radical DPPH dans les fromages enrobés de thym, romarin, origan et lavande, ils enregistrent des pourcentages croissants de l'ordre de 23,04%, 27,89%, 29,56% et 28,69% respectivement, supérieurs à celui du fromage témoin qui est de 20,16%, ce qui confirme l'apport en antioxydants des plantes aromatiques aux fromages enrobés.

D'autre part, l'interaction des composés antioxydants avec les protéines, les graisses et autres éléments du fromage peut réduire leur efficacité (**Gutiérrez-del-Río *et al.*, 2021**).

La méthode d'utilisation des herbes, enrobage ou incorporation directe peut influencer sur l'activité antioxydante. Les valeurs d'inhibition observées pourraient être attribuées à la limitation de la migration des composés actifs vers l'intérieur du fromage en raison de l'enrobage externe.

I.2.7. Taux d'humidité

Les pourcentages d'humidité pour les fromages aromatisés et le fromage témoin sont illustrés dans la figure ci-dessous.

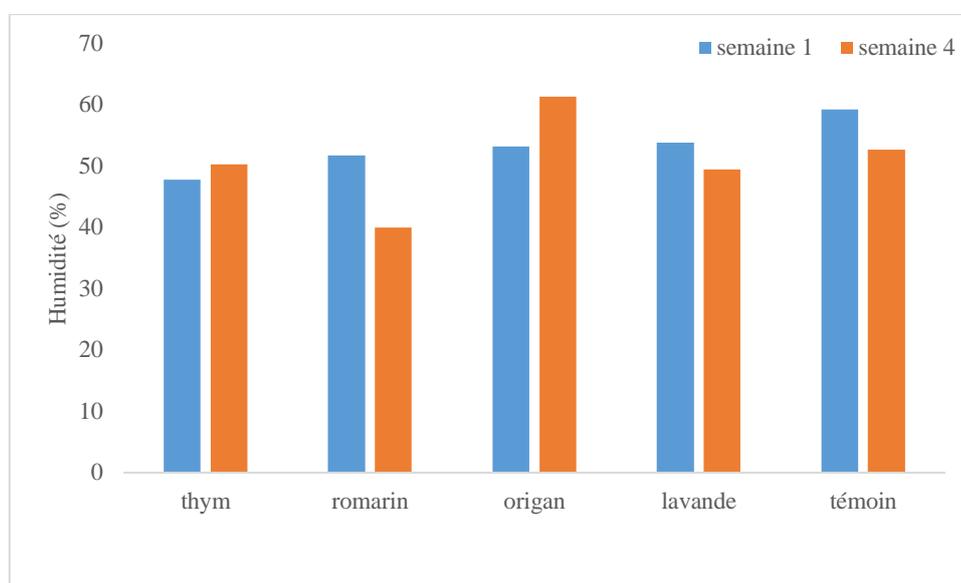


Figure 12 : Taux d'humidité des fromages élaborés.

La teneur en humidité augmente pour les fromages enrobés de thym (47,8 à 50,29%) et d'origan (53,22 à 70,97%), ce qui signifie qu'une quantité d'eau a été retenue, au fur et à mesure que la maturation progressait. Cette augmentation de l'humidité est peut être due à la solubilisation de la caséine, une augmentation du pH, ou les deux (**Schlesser *et al.*, 1992**).

Cependant, le taux d'humidité est diminué dans les fromages enrobés de romarin, lavande, et le fromage témoin passant de 51,75 à 40% ; 53,79 à 49,44% ; 54,19 à 52,71% respectivement. Ces diminutions peuvent être due à la perte d'eau à travers la surface du fromage qui est en contact avec l'atmosphère (**García *et al.*, 2016**) quand les conditions de stockage ne sont pas tout à fait conformes.

I.2.8. Taux d'extrait sec total

La figure 14 montre la variation du taux d'extrait sec total des fromages élaborés entre la première et la dernière semaine d'affinage.

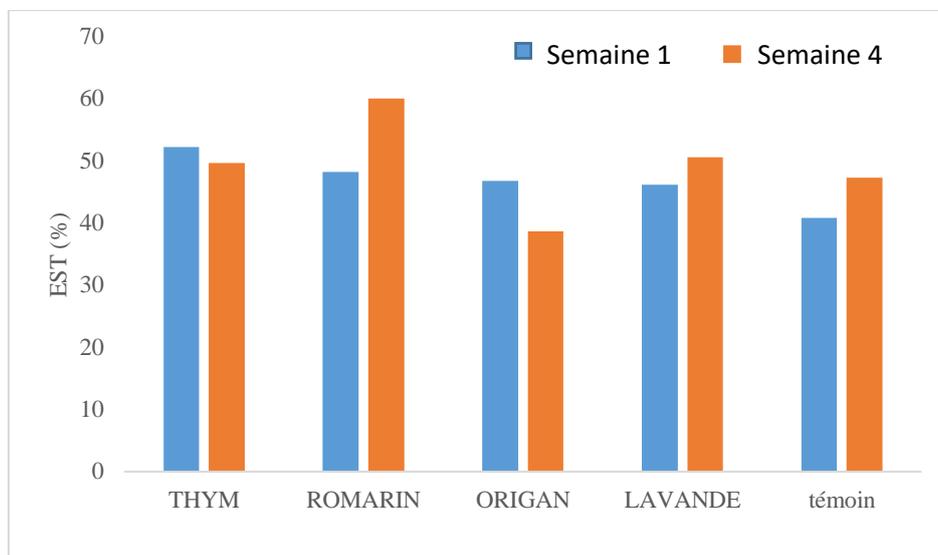


Figure 13 : Taux d'extrait sec total des fromages élaborés.

Les résultats montrent une augmentation progressive de l'EST dans les 3 fromages (enrobés du lavande, romarin) et le fromage témoin ; entre la première et la quatrième semaine ; les valeurs sont passées de 46,21% à 50,56% pour les fromages enrobés de lavande, de 48,25% à 60% pour ceux enrobés de romarin et de 40,81% à 47,29% pour le fromage témoin. Cette augmentation est probablement due à l'évaporation superficielle (Schlesser *et al.*, 1992) ou à des erreurs d'estimation gravimétriques.

Cependant, l'EST des fromages enrobés du thym et d'origan, a diminué entre la première et la quatrième semaine ; ils ont passé de 52,2% à 49,71% et de 46,78% jusqu'à 38,71% respectivement, cette diminution résulte de l'augmentation du taux d'humidité à la fin de maturation pour ses deux fromages (voir les résultats de l'humidité).

I.2.9. Taux de cendres

Les données de la figure ci-dessous révèlent des différences dans la teneur en cendres entre les différents fromages après l'affinage.

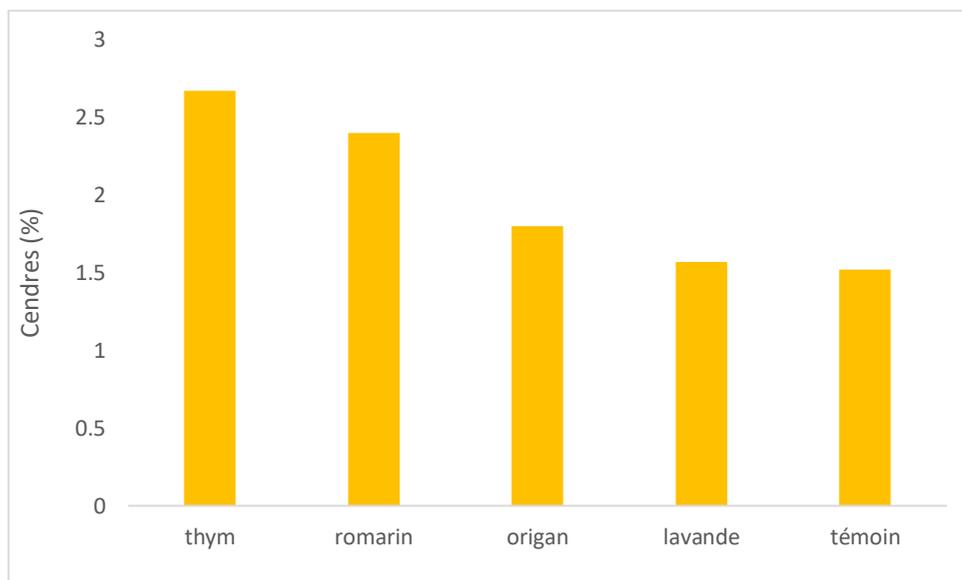


Figure 14 : Taux de cendres des fromages élaborés.

Les fromages enrobés de thym et celui enrobé de romarin présentent des teneurs en cendres plus élevées, avec 2,67% et 2,4% respectivement, comparativement aux fromages enrobés d'origan et de lavande qui affichent une teneur en cendres de 1,8%, 1,57% respectivement. Cette dernière est presque similaire à celle du fromage témoin.

Hamdy et Hafaz (2018) ont trouvé des valeurs supérieures à celles que nous avons obtenues, soit 2,87% et 2,85%, pour les fromages enrobés de poudre de romarin et de thym respectivement.

Algarni (2016) a mentionné une valeur plus élevée de l'ordre de 3,59% après 30 jours de stockage d'un fromage à pâte molle supplémenté de thym.

Cette observation suggère que l'utilisation de thym et de romarin pour l'enrobage des fromages entraîne une augmentation significative de la teneur en cendres pendant le processus d'affinage. Cela signifie que les minéraux des herbes se mélangent avec la masse fromagère, modifiant ainsi la composition minérale globale du fromage.

I.2.10. Détermination des chlorures

Le sel est un élément indissociable à la fabrication du fromage, il facilite l'égouttage, il agit comme exhausteur de goût et sa concentration aura un effet sur la souplesse, la texture et l'aspect du fromage et impact l'évolution bactérienne.

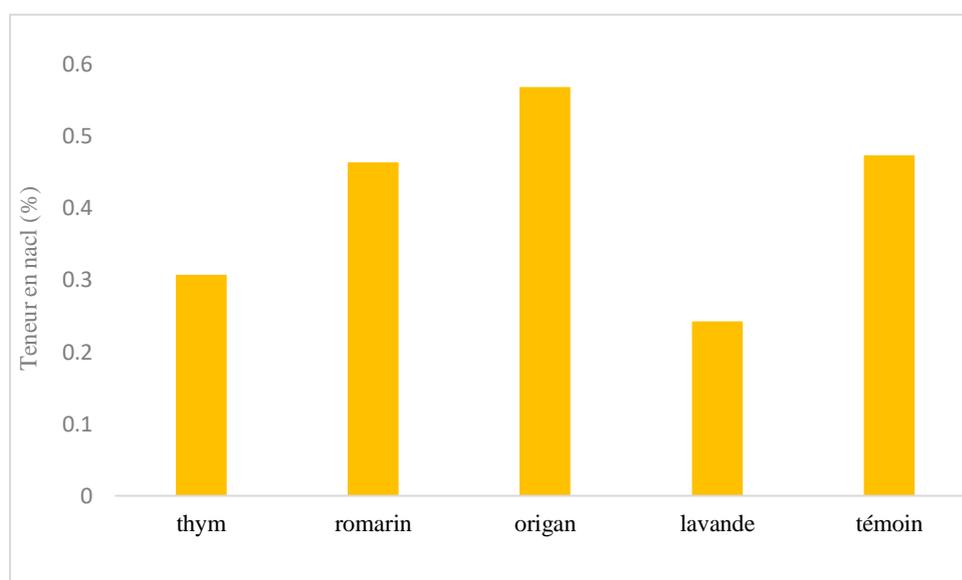


Figure 15 : Teneur en NaCl des fromages élaborés.

D'après la figure 15, les concentrations en NaCl des fromages sont non convergentes, notamment, le fromage enrobé d'origan, il présente une concentration en NaCl plus élevée que les autres fromages, avec un pourcentage de 0,568. En revanche, le fromage enrobé de lavande à la concentration en NaCl la plus faible, à savoir 0,242%.

La différence de concentration entre les cinq fromages peut être attribuée à la perte de NaCl dans le lactosérum et lors de l'étape de l'égouttage (**Nair et al., 2004**).

II.2. Analyses microbiologiques

Afin d'assurer une sécurité hygiénique et une qualité organoleptique des fromages, des analyses microbiologiques ont été réalisées. Ainsi, lorsqu'un produit est destiné à la consommation, il est essentiel de réduire au minimum la contamination et de respecter les normes établies par le journal officiel.

Les résultats d'analyses microbiologiques du lait cru sont présentés dans le tableau XIII

Tableau XII : Résultats des analyses microbiologiques du lait.

Echantillon	Germe recherché	Observation(UFC/ml)	Norme (JORA 2017)
Lait cru	FTAM	3. 10 ⁵	3.10 ⁶
	Coliformes totaux	Absence	—
	Escherichia coli	Absence	5.10 ³

Les germes aérobies mésophiles servent uniquement à l'appréciation de la matière première utilisée pour l'élaboration du fromage. Les résultats considérés comme trop élevés n'assurent pas qu'il y a un défaut de fromage (Nicolas *et al.*, 2021).

Une absence totale de coliformes totaux et d'Escherichia coli est observée dans le lait cru, ces résultats sont donc conformes à la norme exigée par la réglementation en vigueur ; Escherichia coli (5.10³ UFC/ml), les coliformes totaux ne sont pas exigés par JORA (2017). Le nombre de la flore totale aérobie mésophile est de 3. 10⁵ UFC/ml est également inférieur à la norme (3.10⁶ UFC/ml). Ces résultats suggèrent que les mesures de sécurité et d'hygiène lors de la traite sont respectées (lavage des mains du trayeur, nettoyage des ustensiles de la traite et désinfection des mamelles), ainsi que le transport du lait.

Les micro-organismes, notamment les bactéries, les levures et les moisissures, sont présents dans le fromage et contribuent au processus d'affinage grâce à leur activité métabolique. Les résultats de l'évolution de la microbiologie de l'affinage des fromages élaborés exprimés en UFC/ml sont présentés dans le tableau XIII.

Tableau XIII : Résultats des analyses microbiologiques des fromages.

	Norme(10 ⁵ UFC/ml)	Norme (10 ⁴ UFC/ml)	—
	Escherichia coli	Staphylococcus aureus	Levures et moisissures
Fromage au thym	11. 10 ⁴	< 100	< 10 ²
Fromage à l'origan	11. 10 ⁴	< 100	<10 ³
Fromage au romarin	11. 10 ⁴	< 100	< 10 ²
Fromage à la lavande	11. 10 ⁴	< 100	< 10 ²

II.2.1. Escherichia coli

Lorsqu'ils sont en nombre élevé, les coliformes peuvent provoquer des intoxications alimentaires (**Guiraud et Rosec, 2004**). Leur présence est un signe d'une mauvaise hygiène au cours de la traite de plus l'eau utilisée pour le nettoyage (cuve, chariot traiteur et citerne de transport).

Les coliformes fécaux sont confirmés sur le milieu Eau Peptonée Exempte d'Indole. La présence d'un anneau rouge après l'ajout du réactif Kovacs indique la présence de ces germes.

Le taux d'Escherichia coli est de 11.10⁴UFC/ml, il est conforme à la norme **JORA (2017)** qui est de 10⁵ UFC/ml.

Le nombre d'Escherichia coli dans le fromage peut provenir soit du lait cru, où elle se retrouver accidentellement donc dans tous les produits laitiers non pasteurisés et la quantité d'Escherichia coli risque d'augmenter pendant la maturation et sur le fromage. Les plantes aromatiques utilisées peuvent aussi apporter une charge microbienne supplémentaire à la charge initiale de ces fromages.

II.2.2. Staphylococcus aureus

Les résultats obtenus ont montré que le nombre de Staphylococcus aureus pour les fromages analysés est inférieur à 100 UFC/ml pour tous les fromages, selon **JORA (2017)**, les quatre fromages sont conformes à la norme qui est de 10⁴UFC/ml.

II.2.3. Levures et moisissures

Le dénombrement a montré une charge inférieure à 10^2 UFC/ml dans les fromages enrobés de thym, au romarin et à la lavande alors que celui enrobé d'origan, révèle une charge inférieure à 10^3 UFC/ml.

Ces résultats montrent que les fromages contiennent une charge inférieure à celle du fromage Domiati qui est de $10^5/4.10^3$ UFC/ml (levures/moisissures) trouvée par **Hegab *et al.*, (2020)**.

Concernant les normes algériennes, malheureusement aucune donnée sur les levures et les moisissures n'a été trouvée dans le **JORA**.

II.3. Analyses sensorielles

Les données de l'analyse sensorielle ont été traitées avec le logiciel XL-Stat (2014).

- **Caractérisation des produits**

La figure 16 montre les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant pour les différents types de fromages.

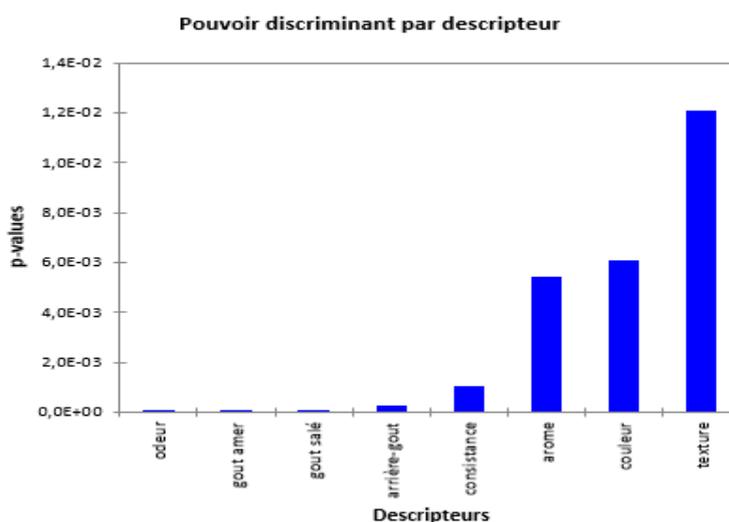


Figure 16 : Pouvoir discriminant par descripteur.

Les résultats indiquent que le pouvoir discriminant par descripteur est dominant pour l'odeur, le goût amer et le goût salé, ce qui explique que la diversité de ces descripteurs a été constatée par les sujets experts. Concernant, les descripteurs arrière-goût, consistance, l'arôme, couleur, et la texture, ils sont moins discriminés par le jury expert. Donc les experts n'ont pas constaté de divergence entre les descripteurs des fromages dégustés.

- **Moyenne ajustée par produit**

Le tableau des moyennes ajustées par produit permet de mettre en évidence les moyennes lorsqu'il y a croisement entre les différents produits et leurs caractéristiques. Le tableau ci-dessous présente les résultats des moyennes ajustées par produit :

Tableau XIV : Moyennes ajustées par produit.

	texture	couleur	gout salé	odeur	gout amer	consistance	arrière-goût	arome
A	3,600	3,800	1,400	2,600	1,200	2,800	1,700	2,000
E	3,100	3,200	1,600	2,700	2,700	3,200	2,400	2,800
D	3,200	3,100	2,200	2,600	2,900	2,900	2,500	2,900
B	3,000	2,100	2,600	2,200	2,100	3,500	2,200	2,700
C	2,300	2,500	2,300	4,200	3,500	4,200	3,800	3,800

Les cellules en bleu sont les moyennes qui sont les plus significatives que la moyenne globale, et en rouge celles qui sont les moins significatives que la moyenne globale.

Ainsi le fromage A, se caractérise par une texture lisse et une couleur entre le beige et le beige foncé, le fromage B présente un goût salé moyen, le fromage C se caractérise par une forte odeur, un goût amer fort, une consistance très ferme, un arrière-goût fort et un fort arôme.

A l'inverse des fromages D et E, qui sont considérés comme les produits ayant les moyennes les moins significatives.

- **Analyse en composantes principales (ACP)**

L'analyse en composantes principales (ACP) est l'une des méthodes les plus couramment employées pour analyser des données multivariées. Elle étudie des ensembles de données multidimensionnelles avec des variables quantitatives.

L'analyse en composantes principales est une méthode de projection très utile pour analyser des données numériques structurées en n observations / p variables. Elle permet de visualiser et analyser rapidement les corrélations entre les p variables, et visualiser et analyser

les n observations (initialement décrites par les p variables) dans une carte à 2 ou 3 dimensions, afin d'identifier des groupes d'observations uniformes ou atypiques (**Bugaud et al., 2022**).

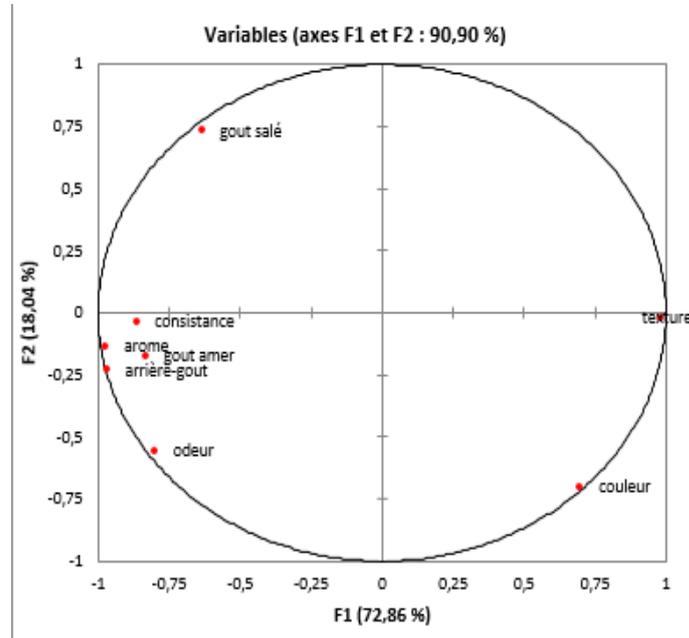


Figure 17 : Corrélations entre les variables et les facteurs

La carte obtenue (figure 17) a permis de représenter 90,90% de la variabilité, et que tous les descripteurs sont présentés dans le cercle, le niveau de variabilité est respectivement de 72,86% et de 18,04%. Le descripteur goût salé est négativement corrélé avec la couleur et la texture, cela peut indiquer qu'un fromage plus salé peut-être moins coloré où avoir une texture différente.

Les descripteurs le goût amer, l'arôme et l'arrière- goût sont fortement corrélés entre eux. Cela pourrait indiquer que lorsque le fromage à un goût amer marqué aura aussi un arôme et un arrière-goût prononcés.

- **La cartographie externe de préférence**

Le principe de la cartographie des préférences en analyse sensorielle consiste à créer un espace multidimensionnel qui inclut la carte des préférences, les courbes de niveau et le tableau de pourcentage des juges satisfaits pour chaque produit. La figure 18 représente la carte des préférences et la courbe des niveaux.

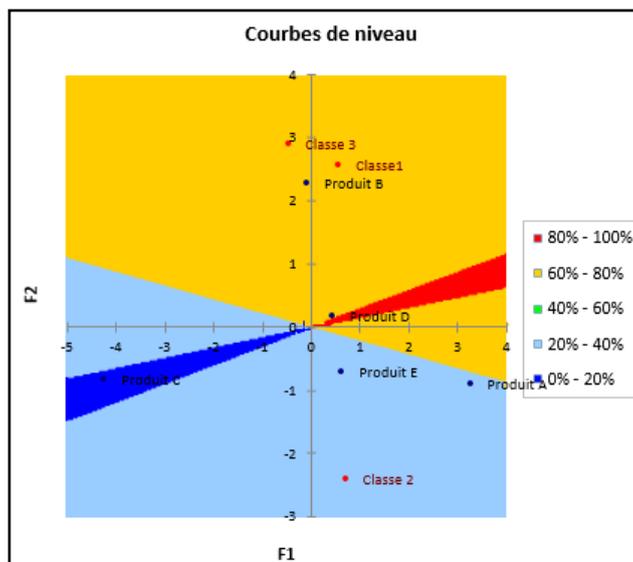


Figure 18 : courbe de niveau et carte de préférence.

D'après les résultats obtenus (figure 23), Le pourcentage d'appréciation du produit codé B (fromage enrobé d'origan), et du produit codé D (fromage enrobé de romarin) est de 60%-80%, le produit codé A (fromage enrobé de thym) et le produit codé E (fromage enrobé de la lavande) ont un pourcentage d'appréciation de 20%-40%, et le produit codé C (fromage témoin) a un pourcentage d'appréciation de 0%-20%.

Conclusion

Cette étude est consacrée à l'élaboration d'un fromage à pâte molle aromatisé à l'aide de quatre plantes médicinales et aromatiques fraîchement récoltées qui sont : *Thymus vulgaris* (thym), *Origanum vulgare* (origan), *Rosmarinus officinalis* (romarin) et *Lavandula officinalis* (lavande). L'objectif était la formulation d'un fromage à pâte molle enrobé de ces plantes aromatiques pour enrichir les produits avec des saveurs naturelles et des propriétés fonctionnelles apportées par ces plantes. Dans ce sens des analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles ont été réalisées pour évaluer la qualité de ces fromages ainsi à travers les résultats obtenus nous pouvons conclure que :

Les analyses physicochimiques ont montré que les fromages élaborés sont riches en matière grasse avec des valeurs comprises entre 23,5-27%. Le fromage enrobé de romarin a eu la teneur la plus élevée en EST (60%). Le taux de chlorures varie entre les fromages avec un maximum de 0,57% pour le fromage enrobé d'origan. Le fromage enrobé de la lavande détient la valeur la plus élevée en composés phénoliques (1550 mg EAG/100g). Quant à l'activité antioxydante, elle révèle une augmentation considérable du pourcentage d'inhibition du radical DPPH, de la première à la quatrième semaine d'affinage pour les Cinq types de fromage.

Les résultats des analyses microbiologiques des fromages élaborés sont conformes aux normes, indiquant le respect des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication.

L'évaluation sensorielle des fromages a montré que les deux fromages enrobés d'origan et de romarin sont les plus appréciés.

En perspective, il serait intéressant de :

- Déterminer le taux de protéines totales par la méthode Kjeldahl.
- Suivre l'évolution de la flore microbienne au cours de l'affinage.
- Evaluer la qualité organoleptique après chaque semaine d'affinage en parallèle à la quantification des composés volatiles et aromatiques.

Références bibliographiques

A

Adjlane-Kaouche, S., Benhacine, R., Ghozlane, F., & Mati, A. (2014). Nutritional and Hygienic Quality of Raw Milk in the Mid-Northern Region of Algeria: Correlations and Risk Factors. *The Scientific World Journal*, 2014(1), 131593.

Algarni, E. H. A. (2016). Soft cheese supplemented with thyme, cumin and turmeric herbs to increase shelf life during storage period. *Advances in Environmental Biology*, 10(12), 227-236.

Almena-Aliste, M., & Mietton, B. (2014). Cheese Classification, Characterization, and Categorization: A Global Perspective. *Microbiol Spectr*, 2(1), Cm-0003-2012. doi:10.1128/microbiolspec.CM-0003-2012

Azambuja, N. C., Zacarchenco, P. B., Fleuri, L. F., Andrade, J. C., Moreno, I., Van, A. G. F., & Gallina, D. D. A. (2013). Characterization of fresh cheese with addition of probiotics and prebiotics. *Journal of Life Sciences*, 7(2), 189.

Aziz, E., Batool, R., Akhtar, W., Shahzad, T., Malik, A., Shah, M. A., . . . Thiruvengadam, M. (2022). Rosemary species: a review of phytochemicals, bioactivities and industrial applications. *South African Journal of Botany*, 151, 3-18. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.09.026>

B

Bachtarzi, N., Amourache, L., & Dehkal, G. (2015). Qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert dans une laiterie de Constantine (Est algérien)[Quality of raw milk for the manufacture of a Camembert-type soft cheese in a dairy of Constantine (eastern Algeria)]. *Int. J. Innov. Sci. Res*, 17, 34-42.

Baratta, M. T., Dorman, H. J. D., Deans, S. G., Biondi, D. M., & Ruberto, G. (1998). Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidative Activity of Laurel, Sage, Rosemary, Oregano and Coriander Essential Oils. *Journal of Essential Oil Research*, 10(6), 618-627. doi:10.1080/10412905.1998.9700989

Batiha, G. E., Teibo, J. O., Wasef, L., Shaheen, H. M., Akomolafe, A. P., Teibo, T. K., . . . Papadakis, M. (2023). A review of the bioactive components and pharmacological properties of Lavandula species. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 877-900.

Borugă, O., Jianu, C., Mișcă, C., Goleț, I., Gruia, A. T., & Horhat, F. G. (2014). Thymus vulgaris essential oil: chemical composition and antimicrobial activity. *J Med Life*, 7 Spec No. 3(Spec Iss 3), 56-60.

Bradley Jr, R. L., & Vanderwarn, M. A. (2001). Determination of moisture in cheese and cheese products. *Journal of AOAC International*, 84(2), 570-592.

Bradley, R. L. (2010). Moisture and Total Solids Analysis. In S. S. Nielsen (Ed.), *Food analysis* (pp. 85-104). Boston, MA: Springer US.

Bradley, R. L., Jr, & Vanderwarn, M. A. (2019). Determination of Moisture in Cheese and Cheese Products. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 84(2), 570-592. doi:10.1093/jaoac/84.2.570

Bugaud, C., Maraval, I., & Meghar, K. (2022). Manuel RTBfoods-Partie 3-Tutoriel analyses statistiques (ACP et régression multiple) pour visualiser les données de l'analyse sensorielle et les relier aux données instrumentales. Biophysical Characterization of Quality Traits, WP2.

C

Charles, D. J. (2013). Rosemary. In D. J. Charles (Ed.), *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources* (pp. 495-507). New York, NY: Springer New York.

Charles, D. J. (2013). Thyme. In D. J. Charles (Ed.), *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources* (pp. 553-561). New York, NY: Springer New York.

Codou, L. (1997). Etude des fraudes du lait cru: mouillage et écrémage; mémoire de doctorat, université Cheikh Anta Diop–Dakar. *Sénégal*, 5, 18.

Crișan, I., Ona, A., Vârban, D., Muntean, L., Vârban, R., Stoie, A., . . . Morea, A. (2023). Current Trends for Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) Crops and Products with Emphasis on Essential Oil Quality. *Plants*.

D

De Martino, L., Bruno, M., Formisano, C., De Feo, V., Napolitano, F., Rosselli, S., & Senatore, F. (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from two species of *Thymus* growing wild in southern Italy. *Molecules*, 14(11), 4614-4624. doi:10.3390/molecules14114614

De Oliveira, J. R., Camargo, S. E. A., & de Oliveira, L. D. (2019). *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) as therapeutic and prophylactic agent. *J Biomed Sci*, 26(1), 5. doi:10.1186/s12929-019-0499-8

De Oliveira Neves, L. N., Marques, R., da Silva, P. H. F., & de Oliveira, M. A. L. (2018). Lactulose determination in UHT milk by CZE-UV with indirect detection. *Food Chemistry*, 258, 337-342. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.069>

Diass, K., Merzouki, M., Elfazazi, K., Azzouzi, H., Challioui, A., Azzaoui, K., . . . Ayerdi Gotor, A. (2023). Essential Oil of *Lavandula officinalis*: Chemical Composition and Antibacterial Activities. *Plants*.

Dupas, C., Métoyer, B., El Hatmi, H., Add, I., Mahgoub, S. A., & Dumas, E. (2020). Plants: A natural solution to enhance raw milk cheese preservation? *Food Research International*, 130, 108883./doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108883

E

Eck, A., & Gillis, J.-C. (1997). Le fromage: de la science à l'assurance-qualité. (*No Title*).

El Marnissi, B., Belkhou, R., & Bennani, L. (2013). Caractérisation microbiologique et physicochimique du lait cru et de ses dérivés traditionnels Marocains (Lben et Jben). *Les technologies de laboratoire*, 8(33).

Elhadj, T., Samira, B., Messaouda, H., & Nassira, B. (2015). Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique de laits crus de vache dans deux fermes de la wilaya de Tissemsilt (Algérie). *Revue ElWahat pour les Recherches et les Etudes*, 8(2), 26-33.

El-Sayed, S. M., Ibrahim, O. A., & Kholif, A. M. (2020). Characterization of novel Ras cheese supplemented with Jalapeno red pepper. *Journal of food processing and preservation*, 44(7), e14535.

F

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L., O'Callaghan, Y., O'Connor, T., & O'Brien, N. (2017). Nutritional aspects of cheese. *Fundamentals of cheese science*, 715-730.

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017). Salting of Cheese Curd. In P. F. Fox, T. P. Guinee, T. M. Cogan, & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Fundamentals of cheese science* (pp. 251-277). Boston, MA: Springer US.

G

Garbowska, M., Berthold-Pluta, A., Stasiak-Róžańska, L., Kalisz, S., & Pluta, A. (2023). The Impact of White Mulberry, Green Barley, Chia Seeds, and Spirulina on Physicochemical Characteristics, Texture, and Sensory Quality of Processed Cheeses. *Foods*, 12(15), 2862.

Gérard, A., Barbosa, N., Di Tanna, S., & Sindic, M. (2022). Quelles sont les principales sources de contamination du beurre au lait cru par *Escherichia coli*? *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 26(1)

Ghazi, K., & Niar, A. (2011). Qualité hygiénique du lait cru de vache dans les différents élevages de la Wilaya de Tiaret (Algérie). *Tropicultura*, 29(4), 193-196.

Giorgio, D., Di Trana, A., Di Napoli, M., Sepe, L., Cecchini, S., Rossi, R., & Claps, S. (2019). Comparison of cheeses from goats fed 7 forages based on a new health index. *Journal of Dairy Science*, 102(8), 6790-6801.

Giroux, H. J., De Grandpré, G., Fustier, P., Champagne, C. P., St-Gelais, D., Lacroix, M., & Britten, M. (2013). Production and characterization of Cheddar-type cheese enriched with green tea extract. *Dairy Science & Technology*, 93, 241-254.

Gonceariuc, M., Balmush, Z., Benea, A., Barsan, V., & Sandu, T. (2015). Biochemical diversity of the *Origanum vulgare* ssp. *vulgare* L. and *Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (link) ietswaart genotypes from Moldova. *Buletinul Academiei de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii*, 326(2), 92-100.

Guinee, T., & Fox, P. (1993). Salt in cheese: physical, chemical and biological aspects. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Volume 1 General Aspects* (pp. 257-302): Springer.

Gülçin, I., Bursal, E., Şehitoğlu, M. H., Bilsel, M., & Gören, A. C. (2010). Polyphenol contents and antioxidant activity of lyophilized aqueous extract of propolis from Erzurum, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8-9), 2227-2238.

Gülçin, İ., Bursal, E., Şehitoğlu, M. H., Bilsel, M., & Gören, A. C. (2010). Polyphenol contents and antioxidant activity of lyophilized aqueous extract of propolis from Erzurum, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8), 2227-2238. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.05.053>

Gutiérrez-del-Río, I., López-Ibáñez, S., Magadán-Corpas, P., Fernández-Calleja, L., Pérez-Valero, Á., Tuñón-Granda, M., Miguélez, E. M., Villar, C. J., & Lombó, F. (2021). Terpenoids and Polyphenols as Natural Antioxidant Agents in Food Preservation. *Antioxidants*, 10(8), 1264. <https://www.mdpi.com/2076-3921/10/8/1264S>

H

Hachana, Y., Aouini, W., Lanouar, L., & Guider, M. (2018). Influence of raw milk quality on skimmed milk powder quality. S

Hamdy, S. M., & Hafaz, Y. M. (2018). The combined effect of dried rosemary, thyme and basil with fresh garlic on quality characteristics of ricotta cheese during storage. *Egypt. J. Food Sci*, 46, 125-132.

Hammoudi Halat, D., Krayem, M., Khaled, S., & Younes, S. (2022). A Focused Insight into Thyme: Biological, Chemical, and Therapeutic Properties of an Indigenous Mediterranean Herb. *Nutrients*, 14(10). doi:10.3390/nu14102104

Harmankaya, S., & Harmankaya, A. (2020). Investigation of Some Microbial and chemical Properties of Different Cheeses. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(3), 1389-1400.

Hegab, O. W., Abdel-Latif, E. F., & Moawad, A. A. (2020). Isolation of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* harboring *seb* gene and enteropathogenic *Escherichia coli* (serogroups O18, O114, and O125) from soft and hard artisanal cheeses in Egypt. *Open Vet J*, 10(3), 297-307. <https://doi.org/10.4314/ovj.v10i3.8>

Hickey, M. (2017). Legislation in Relation to Cheese. In (pp. 757-778). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00030-2>

Himed-Idir, H., Mouhoubi, K., Siar, E. h., Boudries, H., Mansouri, H., Adjeroud, N., . . . Boulekbache-Makhlouf, L. (2021). Effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) supplementation on fresh cheese: Physicochemical properties, antioxidant potential, and sensory attributes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), e15057.

J

Jiang, T. A. (2019). Health Benefits of Culinary Herbs and Spices. *J AOAC Int*, 102(2), 395-411. doi:10.5740/jaoacint.18-0418

Journal officiel de la république algérienne (J.O.R.A.), n ° 38, 1998, Algérie.

K

Khanal, B. K. S., Pradhan, M., & Bansal, N. (2019). Cheese: Importance and introduction to basic technologies. *J Food Sci Technol Nepal*, 11, 14-24.

Kose, S., & Ocak, E. (2020). Determination of antioxidant and antimicrobial activity of Herby cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(11), e14841.

Kurwijila, L. R. (2006). Hygienic milk handling, processing and marketing: reference guide for training and certification of small-scale milk traders in Eastern Africa.

Kusunoki, H., Okuma, K., & Hamaguchi, I. (2012). Estimation of Lactose Interference in Vaccines and a Proposal of Methodological Adjustment of Total Protein Determination by the Lowry Method. *Japanese Journal of Infectious Diseases*, 65(6), 489-494. doi:10.7883/yoken.65.489

L

- Labioui, H., Elmoualdi, L., Benzakour, A., El Yachioui, M., Berny, E., & Ouhssine, M. (2009).** Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 148(2009), 7-16.
- Lapointe-Vignola, C. (2002).** *Science et technologie du lait: transformation du lait*. Presses inter Polytechnique.
- Leclercq-Perlat, M.-N., Buono, F., Lambert, D., Latrille, E., Spinnler, H.-E., & Corrieu, G. (2004).** Controlled production of Camembert-type cheeses. Part I: Microbiological and physicochemical evolutions. *Journal of Dairy Research*, 71(3), 346-354.
- Lefebvre, A., & Bassereau, J.-F. (2003).** L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception: ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration. *Application aux emballages*, 10, 3-11.
- Lesage-Meessen, L., Bou, M., Sigoillot, J.-C., Faulds, C. B., & Faulds, C. B. (2015).** Essential oils and distilled straws of lavender and lavandin: a review of current use and potential application in white biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 3375-3375.
- Lorrain, É. (2019).** *Grand Manuel de phytothérapie*. Paris: Dunod.
- Lou, Y., & Ng-Kwai-Hang, K. F. (1992).** Effects of protein and fat levels in milk on cheese and whey compositions. *Food Research International*, 25(6), 445-451. doi:[https://doi.org/10.1016/0963-9969\(92\)90169-6](https://doi.org/10.1016/0963-9969(92)90169-6)

M

- Maïworé, J., Baane, M.-P., Amadou, A. T., Ouassing, A. D., Tatsadjieu, N. L., & Montet, D. (2018).** Influence des conditions de la traite sur les qualités physico-chimiques et microbiologiques du lait cru collecté à Maroua, Cameroun.
- Mardani, A., Maleki, M., Hanifi, N., Borghei, Y., & Vaismoradi, M. (2022).** A systematic review of the effect of lavender on cancer complications. *Complementary Therapies in Medicine*.
- Marshall, M. R. (2010).** Ash Analysis. In S. S. Nielsen (Ed.), *Food analysis* (pp. 105-115). Boston, MA: Springer US.

Masmoudi, M., Ammar, I., Ghribi, H., & Attia, H. (2020). Physicochemical, radical scavenging activity and sensory properties of a soft cheese fortified with *Arbutus unedo* L. extract. *Food bioscience*, 35, 100579.

Matallah, S., Matallah, F., Djedidi, I., Mostefaoui, K., & Boukhris, R. (2017). Qualités physico-chimique et microbiologique de laits crus de vaches élevées en extensif au Nord-Est Algérien. *Livestock Research for Rural Development*, 29(11), 2017.

Mathieu, J. (1998). *Initiation à la physicochimie du lait*.

Mbawala, A., Daoudou, B., & Ngassoum, M. (2010). Qualité microbiologique du kilishi (produit carné séché) produit dans la ville de Ngaoundéré (Cameroun). *Tropicicultura*, 28(3), 153-160.

McSweeney, P. L. H., Ottogalli, G., & Fox, P. F. (2017). Chapter 31 - Diversity and Classification of Cheese Varieties: An Overview. In P. L. H. McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter, & D. W. Everett (Eds.), *Cheese (Fourth Edition)* (pp. 781-808). San Diego: Academic Press.

N

Nair, S. S., Mistry, V. V., & Nauth, K. R. (2004). Reduction of Salt (NaCl) Losses During the Manufacture of Cheddar Cheese*. *Journal of Dairy Science*, 87(9), 2831-2838.
doi:[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73411-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73411-6)

Nicolas, F., William, Häni., Daniel, Wechsler., Barbara, Guggenbühl. (2021). *Essai de fabrication de Vacherin Fribourgeois AOP avec du lait de robot de traite* (Agroscope Science, Issue).

Nielsen, S. S., & Bradley, R. L. (2010). Moisture and total solids analysis. *Food analysis*, 85-104.

O

Oniga, I., Pușcaș, C., Silaghi-Dumitrescu, R., Olah, N. K., Sevastre, B., Marica, R., . . . Hanganu, D. (2018). *Origanum vulgare* ssp. *vulgare*: Chemical Composition and Biological Studies. *Molecules*, 23(8). doi:10.3390/molecules23082077

P

Parciel, P., Corrot, G., & Sauvee, O. (1994). Variations du point de congélation et principales causes du mouillage du lait de vache. *Rencontre Recherche Ruminants*, (1), 129-132.

Prieto, B., Franco, I., Prieto, J. G., Bernardo, A., & Carballo, J. (2002). Compositional and physico-chemical modifications during the manufacture and ripening of León raw cow's milk cheese. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15(6), 725-735.

R

Rahmatallah, N., Nassik, S., EL RHAFFOULI, H., Amine, I. L., & El Houadfi, M. (2017). Détection de souches multi-résistantes d'Escherichia coli d'origine aviaire dans la région de Rabat-Salé-Zemmour-Zaer. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 5(2).

Rashidinejad, A., Birch, E. J., Sun-Waterhouse, D., & Everett, D. W. (2013). Effects of catechin on the phenolic content and antioxidant properties of low-fat cheese. *International journal of food science & technology*, 48(12), 2448-2455.

Rashidinejad, A., Bremer, P., Birch, J., & Oey, I. (2017). Chapter 14 - Nutrients in Cheese and Their Effect on Health and Disease. In R. R. Watson, R. J. Collier, & V. R. Preedy (Eds.), *Nutrients in Dairy and their Implications on Health and Disease* (pp. 177-192): Academic Press.

Rašković, A., Milanović, I., Pavlović, N., Čebović, T., Vukmirović, S., & Mikov, M. (2014). Antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil and its hepatoprotective potential. *BMC Complement Altern Med*, 14, 225. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-225>

Ratiba, B., Wedad, A., Mohamed, O., & Abd El-Baky, H. (2006). Effect of cardamom, thyme and clove powder on the composition and quality of white soft cheese made from goat's milk. *Assiut Journal of Agricultural Science*, 37(4), 139-157.

Regiane Ribeiro-Santos, D. C.-C., Carlos Cavaleiro, Helena S. Costa, Tânia Gonçalves Albuquerque, Maria Conceição Castilho, Fernando Ramos, Nathália R. Melo, Ana Sanches-Silva, (2015). A novel insight on an ancient aromatic plant: The rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.),. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 355-368,. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.015>.

Richards, E. L. (1959). The reaction of lactose with anthrone and its application to the estimation of lactose in casein and other dairy products. *Journal of Dairy Research*, 26(1), 53-57. doi:10.1017/S0022029900009663

Ritota, M., & Manzi, P. (2020). Natural Preservatives from Plant in Cheese Making. *Animals* (Basel), 10(4). doi:10.3390/ani10040749

S

Sadler, G. D., & Murphy, P. A. (2010). pH and titratable acidity. *Food analysis*, 4, 219-238.

Sakkas, H., & Papadopoulou, C. (2017). Antimicrobial Activity of Basil, Oregano, and Thyme Essential Oils. *J Microbiol Biotechnol*, 27(3), 429-438. <https://doi.org/10.4014/jmb.1608.08024>

Sapan, C. V., Lundblad, R. L., & Price, N. C. (1999). Colorimetric protein assay techniques. *Biotechnol Appl Biochem*, 29(2), 99-108.

Schlesser, J. E., Schmidt, S., & Speckman, R. (1992). Characterization of chemical and physical changes in Camembert cheese during ripening. *Journal of Dairy Science*, 75(7), 1753-1760.

Seddaoui, I., Saada, D. A., Attou, S., & Homrani, A. (2018). Diagnosis of the Quality of Raw Cow's Milk received in the Dairies of Western Algeria. *Advances in Bioresearch*, 9(2).

Shori, A. B., & Baba, A. S. (2013). Antioxidant activity and inhibition of key enzymes linked to type-2 diabetes and hypertension by Azadirachta indica-yogurt. *Journal of Saudi Chemical Society*, 17(3), 295-301. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jscs.2011.04.006>

Singletary, K. (2016). Rosemary: An Overview of Potential Health Benefits. *Nutrition Today*, 51(2), 102-112. doi:10.1097/nt.0000000000000146

Skoufogianni, E., Solomou, A. D., & Danalatos, N. G. (2019). Ecology, Cultivation and Utilization of the Aromatic Greek Oregano (*Origanum vulgare* L.): A Review. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(3), 545-552. doi:10.15835/nbha47311296

T

Tajkarimi, M. M., Ibrahim, S. A., & Cliver, D. O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 21(9), 1199-1218. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.02.003>

Tapernoux, A. (1928). Les relations entre l'acidité actuelle et l'acidité potentielle du lait. *Le Lait*, 8(78), 686-698.

V

Vlaicu, P. A., Untea, A. E., Turcu, R. P., Saracila, M., Panaite, T. D., & Cornescu, G. M. (2022). Nutritional Composition and Bioactive Compounds of Basil, Thyme and Sage Plant Additives and Their Functionality on Broiler Thigh Meat Quality. *Foods*, 11(8). doi:10.3390/foods11081105

Vuilleumard, J.-C. (2018). *Science et technologie du lait*: Presses de l'Université Laval.

W

Ward, R. E., & Carpenter, C. E. (2010). Traditional Methods for Mineral Analysis. In S. S. Nielsen (Ed.), *Food analysis* (pp. 201-215). Boston, MA: Springer US.

Waterborg, J. H. (2009). The Lowry Method for Protein Quantitation. In J. M. Walker (Ed.), *The Protein Protocols Handbook* (pp. 7-10). Totowa, NJ: Humana Press.

Y

Yang, J., Goksen, G., & Zhang, W. (2023). Rosemary essential oil: Chemical and biological properties, with emphasis on its delivery systems for food preservation. *Food Control*, 154, 110003. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110003>

Yemm, E., & Willis, A. (1954). The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical journal*, 57(3), 508.

Z

Zantar, S., Zerrouk, H. M., Zahar, M., Saidi, B., Notfia, Z., Laglaoui, A., Larbi, T., & Chentouf, M. (2014). Effet de l'utilisation des huiles essentielles (du thym, du romarin, de l'origan et du myrte) sur les propriétés physicochimiques, microbiologiques et sensorielles du fromage de chèvre frais et semi-affiné. In M. Chentouf, D. Gabiña, A. López-Francos, & M. Bengoumi (Eds.), *Technology creation and transfer in small ruminants: roles of research, development services and farmer associations* (Vol. 108, pp. 183-190). Zaragoza : CIHEAM / INRAM / FAO. <http://om.ciheam.org/om/pdf/a108/00007634.pdf>

Zdolec, N., Franičević, M., Klanac, L., Kavain, I., Batinić, J., Zadravec, M., Pleadin, J., Čobanov, D., & Kiš, M. (2024). Antimicrobial Properties of Basil (*Ocimum basilicum* L.), Sage (*Salvia officinalis* L.), Lavender (*Lavandula officinalis* L.), Immortelle (*Helichrysum italicum* (Roth) G. Don), and Savory (*Satureja montana* L.) and Their Application in Hard Cheese Production. *Hygiene*, 4(2), 135-145. <https://doi.org/10.3390/hygiene4020010>

Zoghلامي, M., Yerou, H., Yerou, W., & Homrani, A. (2022). Impact du stress thermique sur les critères de qualité du lait cru de vaches Holsteins en zone semi-aride de l'Ouest algérien. *Livestock Research for Rural Development*, 34.

Zujko, M. E., & Witkowska, A. M. (2014). Antioxidant Potential and Polyphenol Content of Beverages, Chocolates, Nuts, and Seeds. *International Journal of Food Properties*, 17(1), 86-92. doi:10.1080/10942912.2011.614984

Annexes

Annexe I : Etapes de préparations de fromage.



Lait à 32°C



Lait coagulé



Découpage du caillé



Egouttage



Fromage avant l'enrobage



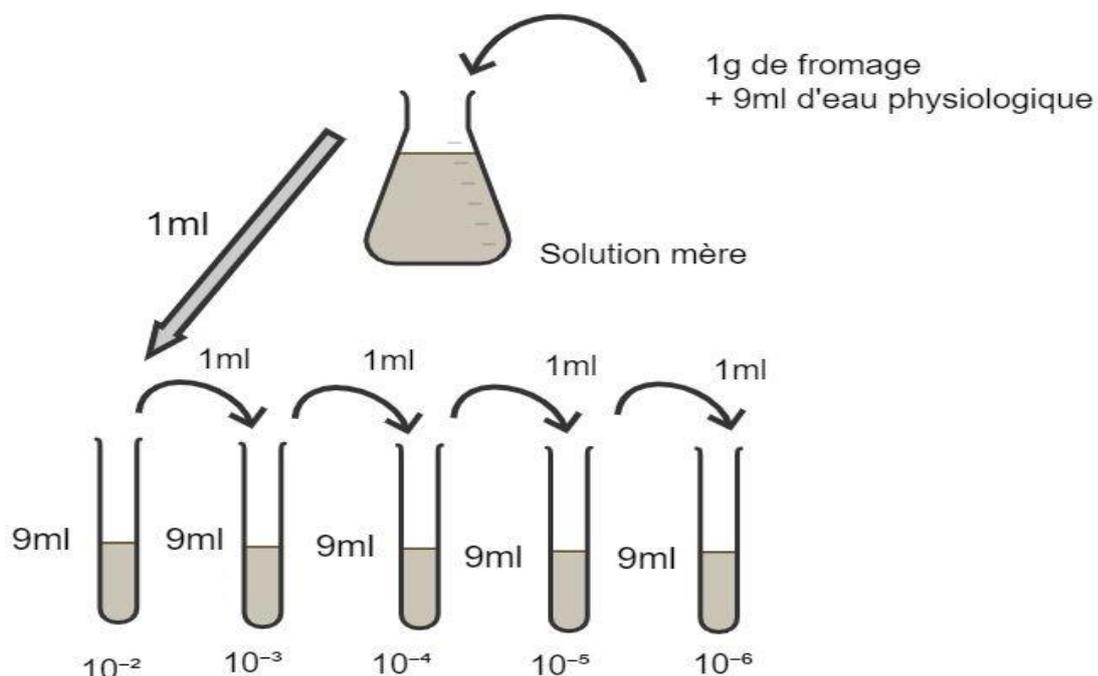
Fromage enrobé
au romarin



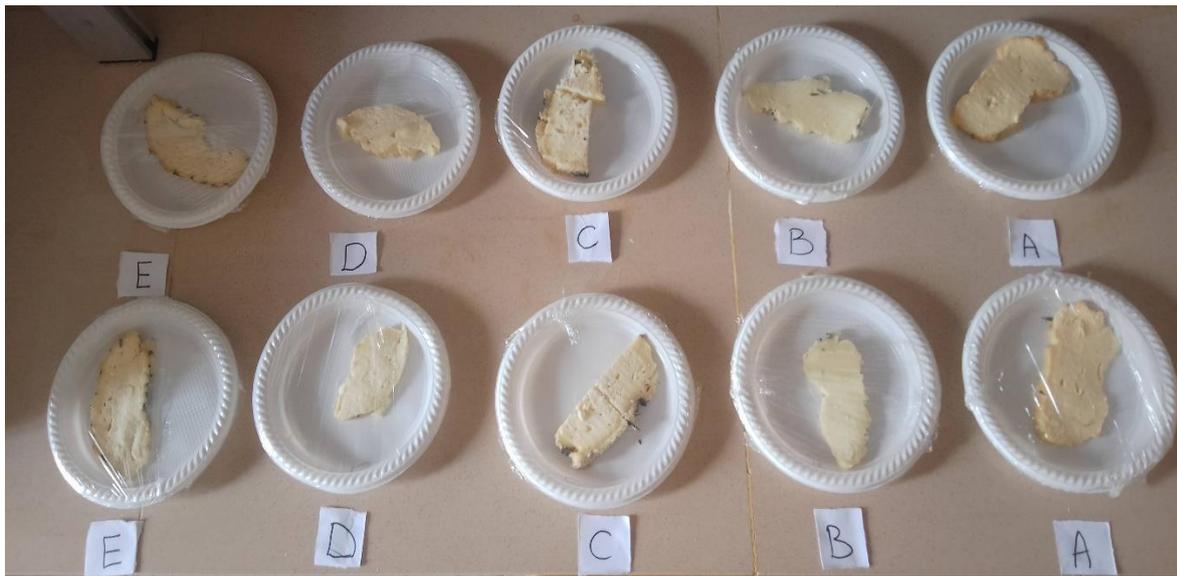
Fromage enrobé avec
la lavande après
l'affinage

Annexe II : les germes recherchés dans le lait et le fromage.**Tableau I** : milieu de culture, température et temps d'incubation des germes recherchés dans les échantillons analysés.

Echantillon	Germes recherchés	Milieu de culture	T (°C)/temps(h) d'incubation
Lait cru	Flore Totale Aérobie mésophile	PCA	30/24-48
	Coliformes totaux	BLBVB	30/24-48
	Escherichia coli	Schubert	44/24-48
fromage	Escherichia coli	EMB	44/ 24-48
	Staphylococcus aureus	Chapman	37/ 24-48
	Levures et moisissures	OGA	25-30/3-5jours

Annexe III : Préparation des dilutions à partir de la solution mère.

Annexe IV : Préparation des échantillons de fromage pour l'analyse sensorielle.



Annexe V : Questionnaires d'analyse sensorielle.**Questionnaires d'analyse sensorielle de fromage (panel expert)****Sexe : M ou F****Age :****N° du poste :****Date :**

5 échantillons de fromage aromatisé vous sont présentés. Il vous est demandé d'évaluer les différentes caractéristiques organoleptiques en attribuant une note entre 1 et 5 selon l'intensité de chaque caractéristique et l'échelle présentée :

1. Couleur :

1. Blanche
2. Blanc cassé
3. Beige clair
4. Beige
5. Beige foncé

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

2. Odeur :

1. Très faible
2. Faible
3. Moyenne
4. Forte
5. Très forte

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

3. L'arôme :

1. Très faible
2. Faible
3. Moyen
4. Fort
5. Très fort

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

4. Gout Salé :

1. Absent
2. Faible
3. Moyen
4. Fort
5. Très fort

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

5. Gout amère :

1. Très faible
2. Faible
3. Moyen
4. Fort
5. Très fort

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

6. Arrière-gout

1. Absent
2. Faible
3. Moyen
4. Fort
5. Très fort

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

7. Texture

1. Très faiblement granuleux
2. Faiblement granuleux
3. Moyen (ni granuleux ni lisse)
4. Lisse
5. Très lisse

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

8. Consistance

1. Très mole
2. Mole
3. Moyenne
4. Ferme
5. Très ferme

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

9. arôme attribué

1. Non identifié
2. Origan
3. Thym
4. Romarin
5. Lavande

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

10. Préférences globale

Attribuer une note de 1 à 9 à chaque échantillon selon votre préférence, sachant que 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et 9 au plus préféré. Comme présenté dans l'échelle ci-dessous :

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

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

Merci pour votre contribution

Résumé

Le présent travail a été entrepris dans le but d'élaborer un fromage à pâte molle avec les plantes aromatiques, thym, origan, lavande et romarin en les appliquant comme un enrobage, tout en évaluant les caractéristiques des produits fini vis-à-vis des paramètres physicochimique, microbiologiques, sensorielles. Le fromage enrobé de la lavande détient la plus forte concentration en acide lactique 1,89%, aussi une forte teneur en matière grasse 27%. Le fromage enrobé de l'origan a eu la plus importante teneur en chlorures 0,568%. La plus grande valeur en cendres est obtenue dans le fromage enrobé du thym 2,67%. Durant l'affinage, une diminution des sucres totaux est enregistrée. Le fromage enrobé de l'origan retient la plus grande teneur en humidité 70,97% et le fromage enrobé de romarin possède une grande teneur en EST 60%. Une teneur plus élevée en polyphénols est notée pour le fromage enrobé de la lavande. L'analyse microbiologique des fromages élaborés est conformes aux normes algériennes. L'évaluation sensorielles des fromages a montré que les fromages les plus appréciés sont ceux enrobés d'origan et celui enrobé de romarin.

Mots clés : Fromage à pâte molle, Plantes aromatiques, Affinage, Enrobage, Analyses physicochimiques et microbiologiques, Analyse sensorielle.

Abstract

This work was undertaken with the aim of to produce a soft cheese using aromatic plants, thyme, oregano rosemary by applying them as a coating, while evaluating the characteristics of the finished product in terms of physicochemical, microbiological and sensory parameters. The cheese coated with lavender had the highest concentration of lactic acid at 1.89%, as well as a high fat content of 27%. The cheese coated with oregano had the highest chloride content 0.568%. The highest ash value was obtained in the thyme-coated cheese at 2.67%. During ripening, a decrease in total sugars is recorded. The cheese coated with oregano has a high moisture content of 70.97%. Cheese coated with rosemary has a high dry matter content of 60%. The cheese coated with lavender had a higher polyphenol content. The cheese coated with oregano had the highest antioxidant activity at 29.56%. The microbiological analysis of the cheeses conformed to Algerian standards. Sensory evaluation of the cheeses showed that the two cheeses, coated with oregano and the one coated with rosemary are the most appreciated.

Key words : Soft cheese, Aromatic plants, Ripening, Coating, Physicochemical and microbiological analyses, Sensory analysis.